



ANÁLISIS DE DAÑOS ESTRUCTURALES CAUSADOS POR SISMOS EN ESCUELAS PÚBLICAS DE REP. DOM.

Reparación y propuesta de mejora de elementos estructurales de hormigón
armado antes y después de un sismo



17 DE DICIEMBRE DE 2014

CARMEN PATRICIA MORENO
ARQUITECTO

Siempre hay una razón para vivir.

Podemos alzarlos sobre nuestra ignorancia,

Podemos descubrirnos como criaturas de perfección, inteligencia y habilidad.

¡Podemos aprender a volar!

Juan Salvador Gaviola



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUÑA
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona (ETSAB)
Unidad de Postgrado



**ANÁLISIS DE DAÑOS ESTRUCTURALES CAUSADOS POR SISMOS EN
ESCUELAS PÚBLICAS DE REP. DOM.**

Reparación y propuesta de mejora de elementos estructurales de hormigón armado antes y
después de un sismo

Tesis para optar por el título de Master
TECNOLOGÍA DE LA ARQUITECTURA
CONSTRUCCIÓN ARQUITECTÓNICA- INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Sustentante
CARMEN PATRICIA MORENO GONZÁLEZ

Asesor:
Dr. Josep María González
Dr. Albert Albareda

Barcelona, España, 2014

No se inquieten por nada; más bien, en toda ocasión, con oración y ruego, presenten sus peticiones a Dios y denle gracias. Y la paz de Dios, que sobrepasa todo entendimiento, cuidará sus corazones y sus pensamientos en Cristo Jesús.

[Filipenses 4:6-7](#)

Agradeciendo.

Agradezco infinitamente la grandeza y bendiciones que el Señor ha tenido conmigo, pues siempre me ha cuidado y ha velado para que no me falte nada, me ha socorrido en momentos de inquietud, me ha dado la mejor experiencia de mi vida, me ha enseñado que existe algo más en la amistad. Gracias.

Dedico.

El mayor soporte que puede tener un hombre es su familia, esa columna vertebral que aun estando lejos está pendiente de ti y de todo tu mundo, a ustedes que se esfuerzan día a día por mí, que aun soy su pequeña, GRACIAS!

¡Pero gracias a Dios, que nos da la victoria por medio de nuestro Señor Jesucristo!

[1 Corintios 15:57](#)

Resumen

Algunas de las estructuras de los planteles escolares en la República Dominicana han sufrido lesiones a causa de los movimientos de sismos, que actúan con una fuerza que los elementos no pueden absorber, rompiendo por cortante y en casos aislados, desplome de los elementos, esto es debido a la equivocada disposición de la misma y principalmente de la mano de obra.

Los planteles que mayormente se ven agrietados son aquellos cuya construcción llevan la configuración de los modelos de escuelas donadas en el 1979s. Los aspectos aquí tratados son los análisis de estudio de los casos de algunas de estas entidades elegidas al azar, donde muestran las fallas a analizar.

Mediante el modelo representado en el software Cype, se comprueba sobre el modelo de las nuevas escuelas, hasta qué grado la estructura cumple con los reglamentos para construcciones sismoresistentes, proponer una mejora en el sistema estructural tanto para las escuelas existentes como para las nuevas construcciones, un angular reemplazable que cuando pierda plasticidad pueda ser cambiada por una pieza nueva que preste las misma respuesta para las sollicitaciones.

Palabras claves: Estructura; Escuelas públicas; Análisis; Terremoto; Lesiones en la estructura; Cortante; Fuerza sísmica; Movimientos; Construcción; Angulo; Cype.

Abstract

Some of the structures of school facilities in the Dominican Republic have suffered injury from the movements of earthquakes, acting with a force that cannot absorb elements, breaking shear and in isolated cases, crash elements, ie due to wrong arrangement thereof and mainly labor.

The schools that are mostly cracked are those whose construction lead configuration donated school models in the 1979s. The issues discussed here are study analyzes the cases of some of these entities selected by chance and show failures analyzed.

Using the model represented in the Cype software, a check on the model of the new schools, to what extent the structure complies with the regulations for seismic resistant buildings, proposing an improvement in the structural system for both existing schools as for new construction, a replaceable angular when he loses plasticity can be replaced with a new part to provide the same response to the stresses.

Keywords: Structure; Public school; Analysis; earthquake; Lesions structure; Shear; Seismic force; Movement; Construction; Angle; Angle; Cype.

TREBALL FI DE MÀSTER TFM
LÍNIA DE CONSTRUCCIÓ I NOVES TECNOLOGIES
MÀSTER OFICIAL UNIVERSITARI "TECNOLOGIA A L'ARQUITECTURA"
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



AUTORITZACIO LECTURA I DEFENSA DE TFM

NOM ALUMNE/A:
Carmen Patricia Moreno

COORDENADES DE CONTACTE DEL ALUMNE/A
(telèfon o e-mail)
Tel.: +34 655 683 332 - Mail: patricia232323@hotmail.com

CURS
2013 – 2014

DIRECTOR/RA PROPOSAT/DA:
(un professor del Màster)
Jose Maria Gonzalez / Albert Albareda

TÍTOL DEL TFM

ANÁLISIS DE DAÑOS ESTRUCTURALES CAUSADOS POR SISMOS EN ESCUELAS PÚBLICAS DE REP. DOM. | Reparación y propuesta de mejora de elementos estructurales de hormigón armado antes y después de un sismo

EL DIRECTOR D'AQUEST TFM CONSIDERA QUE, A LA DATA D'AVUI, AQUEST TFM JA ESTÀ PREPARAT PER A LA SEVA LECTURA I DEFENSA.

Data i signatura:

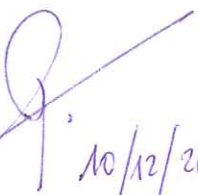

10/12/2014



TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

- 1.1 Introducción
- 1.2 Marco general
 - 1.2.1 Descripción de tema
 - 1.2.2 Motivación
 - 1.2.3 Justificación
 - 1.2.4 Objetivos
 - 1.2.4.1 Objetivos generales
 - 1.2.4.2 Objetivos específicos
 - 1.2.5 Metodología
 - 1.2.6 Hipótesis

CAPÍTULO 2. GEOGRAFIA

- 2.1 República Dominicana
 - 2.1.1 Fallas geológicas
 - 2.1.2 Placa del Caribe
 - 2.1.3 Reconocimiento de zonas
 - 2.1.4 Antecedentes sismológicos
- 2.2 Conclusión

CAPÍTULO 3. DESCRIPCION ESTRUCTURAL DE LOS PLANTELES ESCOLARES

- 3.1 Sector público y las escuelas
 - 3.1.1 Escuela rural- escuela urbana
- 3.2 Comparación de modelo de escuela tradicional y nuevo modelo en construcción
 - 3.2.1 Modelo tradicional - Sistema estructural
 - 3.2.2 Modelo tradicional - Sistema constructivo
 - 3.2.3 Nuevo modelo en construcción
 - 3.2.3.1 Tipología estructural
 - 3.2.3.2 Tipología de cerramiento
 - 3.2.3.3.1 Desplazamientos máximos de pilares en situaciones sísmicas con muros de cerramientos.
 - 3.2.3.3.2 Análisis de desplazamientos en situaciones sísmicas de pilares sin muros de cerramientos.
 - 3.2.3.3.3 Análisis de cortantes en las columnas
- 3.3 Conclusión
 - 3.3.1 Conclusión del análisis

CAPÍTULO 4. DAÑOS Y ACAUSAS DEL SISMO EN LA ESTRUCTURA ESCOLAR

- 4.1 Identificación de daños



- 4.1.1 Rotura de columna
 - 4.1.1.1 Rotura en cabeza de columna
- 4.1.2 Rotura en muro
- 4.1.3 Rotura de viga a 45 °
- 4.1.4 Rotura vista en planta
- 4.1.5 Colapso general
- 4.2 Causas de los daños en la estructura
 - 4.2.1 Rotura de columna
 - 4.2.1.1 Rotura en cabeza de columna
 - 4.2.2 Rotura en muro
 - 4.2.3 Rotura de viga a 45 °
 - 4.2.4 Rotura general en planta
 - 4.2.5 Colapso general
- 4.3 Conclusión

CAPÍTULO 5. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL PARA LAS ESCUELAS

- 5.1 Planteamiento del MOPC para las nuevas escuelas
 - 5.1.1 Muro de cerramientos
- 5.2 Propuesta
- 5.3 Conclusión

CAPÍTULO 6. CONCLUSION GENERAL

- 6.1 Conclusión general

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

TABLA DE ILUSTRACIONES



CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

ANÁLISIS DE DAÑOS ESTRUCTURALES CAUSADOS POR SISMOS EN ESCUELAS PÚBLICAS DE REP. DOM.

Reparación y propuesta de mejora de elementos estructurales de hormigón armado antes y después de un sismo

1.1 Introducción

La República Dominicana a través de los años ha visto cómo sus estructuras escolares han sufrido los empujes de los movimientos sísmicos los cuales han provocado el agrietamiento de estas, aumentando así la cantidad de escuelas con afecciones en espera de mantenimiento.

Los planteles van perdiendo su resistencia por la cantidad y profundidad de fisuras, preocupando a la población que habita en estos, con el miedo de que algún día se desplome.

Muchas de las escuelas públicas de República Dominicana fueron donadas por el gobierno de los Estados Unidos de América entre los años 1916-1970 y siguientes, en donde no tenían en cuenta el riesgo sísmico, años más tarde 1979 en República Dominicana se ha establecido por el Ministerio de obras Publicas y Comunicaciones (MOPC) las Recomendaciones Provisionales de Análisis Sísmico de Estructuras donde se decidió no aplicar el diseño sísmico a las edificaciones menores de 4 pisos por lo que desde entonces se ha seguido construyendo de igual forma que el modelo que fue introducido.

Existen alrededor de 6000 planteles construidos sin previsión de diseño sísmico que no resisten un evento de magnitud 7 o superior, de estas, hay un porcentaje que están agrietadas por efectos de los movimientos telúricos. Están localizadas tanto en la ciudad de Santo Domingo como en las demás ciudades, poblados y campos en todo el país, lo que hace evidente los daños por la cantidad de planteles que existen y por su ubicación, en donde pocos profesionales se muestran sensibles y se hacen eco para llevar a cabo una construcción en vía sismo resistente.

Las Reglamentaciones del MOPC nos traza las pautas de construcción y concepción del diseño anti sísmico al que debemos de estar sujetos, el problema es mayor cuando es por falta de voluntad el no cumplir las mismas, y luego tenemos edificaciones de corto plazo de vida.

La obtención de información ha sido por medio de entrevista a profesionales relacionados con el estudio de investigación de las patologías en las escuelas públicas después de un sismo, entrevistas digitales periodísticas, televisión, radio y prensa, de la que he recolectado información ya que he encontrado poca documentación escrita a cerca de esta problemática.



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUNA
ESCUELA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE BARCELONA

ANÁLISIS DE DAÑOS ESTRUCTURALES CAUSADOS POR SISMOS EN ESCUELAS PÚBLICAS DE REP. DOM. |

Reparación y propuesta de mejora de elementos estructurales de hormigón armado antes y después de un sismo

1.2 Marco general

1.2.1 Descripción de tema

La República Dominicana está ubicada sobre la Placa del Caribe, esta colinda a su vez con la Placa de Norteamérica, Placa de Suramérica, Placa de Los Cocos y Placa de Nazca, resultando movimientos en diferentes direcciones entre ellas. Los movimientos que más nos afectan son del rozamiento de la Placa del Caribe con la Placa de Norteamérica.

Estos movimientos telúricos hacen que muchas de las estructuras de las escuelas públicas se agrieten al no responder como es debido a los desplazamientos horizontales, muchas veces afectando tanto a la estructura que pueden llegar al colapso.

1.2.2 Motivación

El empeño de construir nuevas escuelas sin tener en cuenta las viejas escuelas que están esperando por reparación, la inversión que se está haciendo en el sector educación sin tener en cuenta que invertir en recuperar los elementos afectados, más la construcción de nuevas aulas puede aumentar la satisfacción de demanda escolar de la población, mientras que si seguimos desfasando las viejas escuelas tendremos entidades con pocos años de construcción abandonadas por fisuras sísmicas, problemas que tiene una solución viable prolongando su vida útil.

1.2.3 Justificación

Los registros de las escuelas públicas a través del tiempo han arrojado que una gran porción de estas se han agrietado superficialmente, fallos por elementos estructurales y otras han colapsado. A razón de esto, hemos construido más escuelas con el mismo modelo estructural y con las mismas técnicas constructivas sin tener en cuenta los aspectos sísmo resistentes, lo que ha provocado una avalancha de planteles escolares nuevos pero de poco plazo de vida estructural, pues planteles con menos de 5 años de construcción ya están agrietados por la concurrencia de los fenómenos sísmicos. De tal forma tenemos más escuelas públicas nuevas construidas agrietadas y más escuelas viejas agrietadas, por lo que el nivel de escuelas con corto plazo de vida con riesgos de colapso impera en nuestro país, haciendo una inversión errónea para estos casos.

1.2.4 Objetivos

1.2.4.1 Objetivos generales

Analizar las lesiones en elementos estructurales tomando como muestra algunas de las escuelas públicas agrietadas o colapsadas después de un sismo, como forma de aportar un estudio a esta problemática.

1.2.4.2 Objetivos específicos

1. Reparación estructural de los elementos agrietados.
2. Propuesta de mejora a la soluciones existentes.

1.2.5 Metodología

- **Empírico - Analítico**

- **Empírica:**

La observación.

Recolección de Información, de opiniones críticas y analíticas

La entrevista.

Preguntas de investigación

1. ¿Promedio cuantas escuelas rural y urbana existen?
2. ¿Cuál es el estado de las escuelas tanto rurales como urbanas?
3. ¿Cada que tiempo se les da mantenimiento, o supervisión de la misma?
4. ¿Cuál es el presupuesto para el mantenimiento de las escuelas?
5. ¿Cuáles criterios se toman en cuenta para el diseño y construcción de las escuelas?
6. ¿Existe una supervisión a la hora de la construcción de las escuelas?
7. ¿Cuál fue la necesidad de cambiar el modelo de escuelas?
8. ¿En que varía el nuevo modelo de escuelas con el antiguo?
9. ¿Con qué frecuencia ocurren sismos en territorio dominicano?
10. ¿En qué dirección se producen los movimientos?
11. ¿Cuáles son las regiones más afectadas?
12. ¿Dónde están localizadas las fallas tectónicas?
13. ¿Cuál ha sido el sismo de mayor magnitud en los últimos 10 años?
14. ¿Cuál magnitud es despreciable y a partir de cuales se le pone mayor interés?
15. ¿Nuestras escuelas están preparadas para soportar un sismo de que grado?
16. ¿Quién examina los danos en las edificaciones después de un sismo?
17. ¿Entiendo que hay muchos profesionales en el área de ingeniería expertos en fenómenos telúricos que nos amenazan y que han sido voz para que el pueblo sepa del peligro que corremos, si ya sabemos los problemas de construcción y estructuras en nuestras escuelas porque entiende usted que seguimos construyendo de la misma manera de hace ya 30 años?

- **Estudio analítico:**

Análisis de las entidades educativas

Comprobación de fallos y análisis racional de aseveración

Propuesta de técnicas de mejoramiento

Definición de modelo de comprobación del comportamiento de la estructura actual

- **Documental**

La utilización de videos de medios de comunicación que han entrevistado a los profesionales correspondientes a la supervisión y evaluación sísmica de las escuelas de República Dominicana.

Entrevistas digitales: Noticiario Noticias SIN, periódico El Caribe, periódico Diario Libre.

Recopilación de datos de estudios realizados por profesionales del área.

1.2.6 Hipótesis

La respuesta más reciente de técnicas constructivas para reducir los daños por sismos a las estructuras escolares, se sospecha que se producirían los mismos daños que se apreciaban en condiciones anteriores, si ocurriese un sismo de magnitud considerable.

La rehabilitación de las entidades escolares de manera antisísmica, podría alargar la vida útil de la edificación soportando sismos venideros.



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUNA

ESCUELA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE BARCELONA

ANÁLISIS DE DAÑOS ESTRUCTURALES CAUSADOS POR SISMOS EN ESCUELAS PÚBLICAS DE REP. DOM. |

Reparación y propuesta de mejora de elementos estructurales de hormigón armado antes y después de un sismo

CAPÍTULO 2. GEOGRAFIA

2.1 República Dominicana

La Republica Dominicana tiene una extension territorial de 48,442km², limita al sur con el mar Caribe, al norte con el oceano Atlantico, al este con Canal de la Mona y al oeste con Haiti. En el censo del 2013 se computaron 10,280,000 habitantes.



Ilust 1 Mapa de la República Dominicana

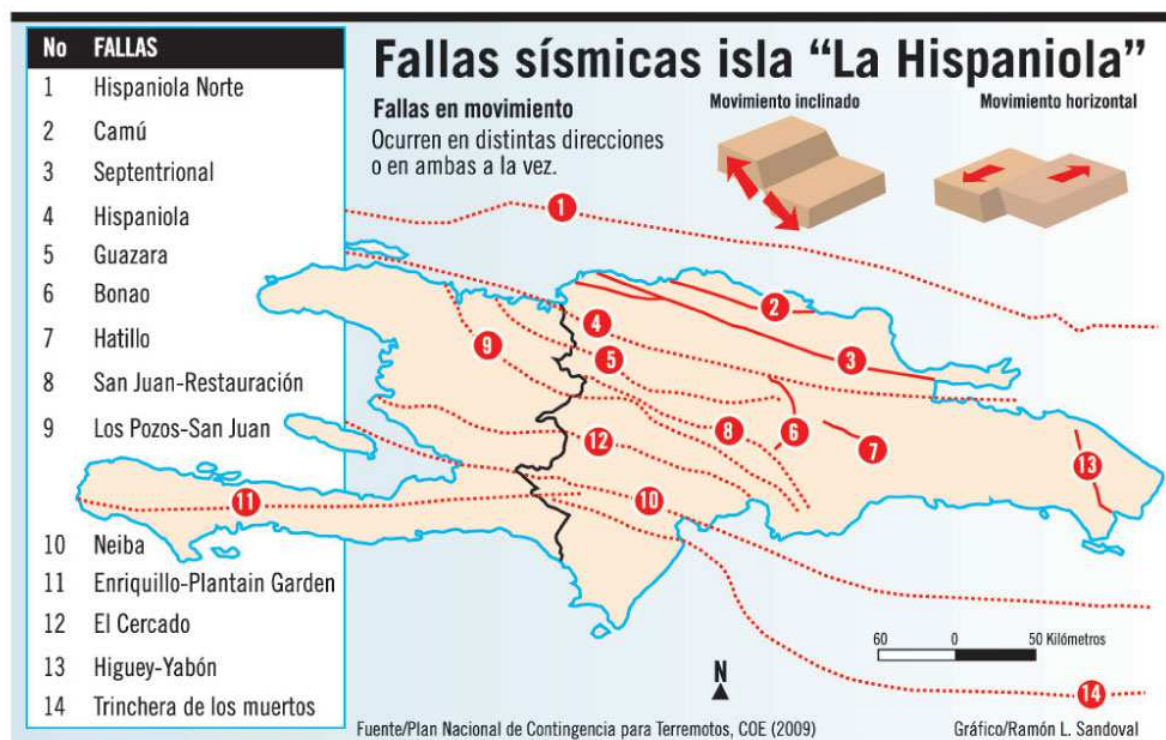
La isla esta ubicada entre los tropicos de Cancer y de Capricornio por lo que su clima es sub-tropical húmedo, con una temperatura anual entre 19° C y 34° C con una media de 26° C. Enero es el mes más fresco siendo agosto el que presenta mayor temperatura.

La precipitación pluvial anual es de unos 1300mm, variando de acuerdo a la región.

El espacio físico está en el trayecto de los huracanes, donde ha sido azotada por fuertes ráfagas de vientos y gran cantidad de lluvia. Lluvia durante todo el año promedio por lo que los mm de agua caída se pueden elevar a 2000mm aproximadamente en algunas zonas.

2.1.1 Fallas Geológicas

La isla tiene 14 fallas sísmicas (ver il.2), en donde una de las más profunda y a la que se le presta mayor atención es la Septentrional, está cerca del límite de la placa del Caribe y la placa Norteamérica, por lo que es un punto de mucha acumulación de energía.



Ilust 2 Fallas en la isla República Dominicana y Haití

Esta falla tiene aproximadamente 800 años sin que haya roto corteza terrestre (O'Reilly Pérez, Hector. SODOSISMICA).

Si esta falla se activa podría desencadenar un sismo de mucha importancia. La falla cubre desde Montecristi a Samaná, la parte norte de la isla, es una de las fallas que más atención se le presta.

Los estudios geológicos, geodésicos, paleo sísmicos y sismológicos realizados en los últimos 9 años sobre el comportamiento de la Zona de Falla Septentrional, presentan a esta estructura con un alto potencial de riesgos sísmicos. (Franco Batlle, 2003).

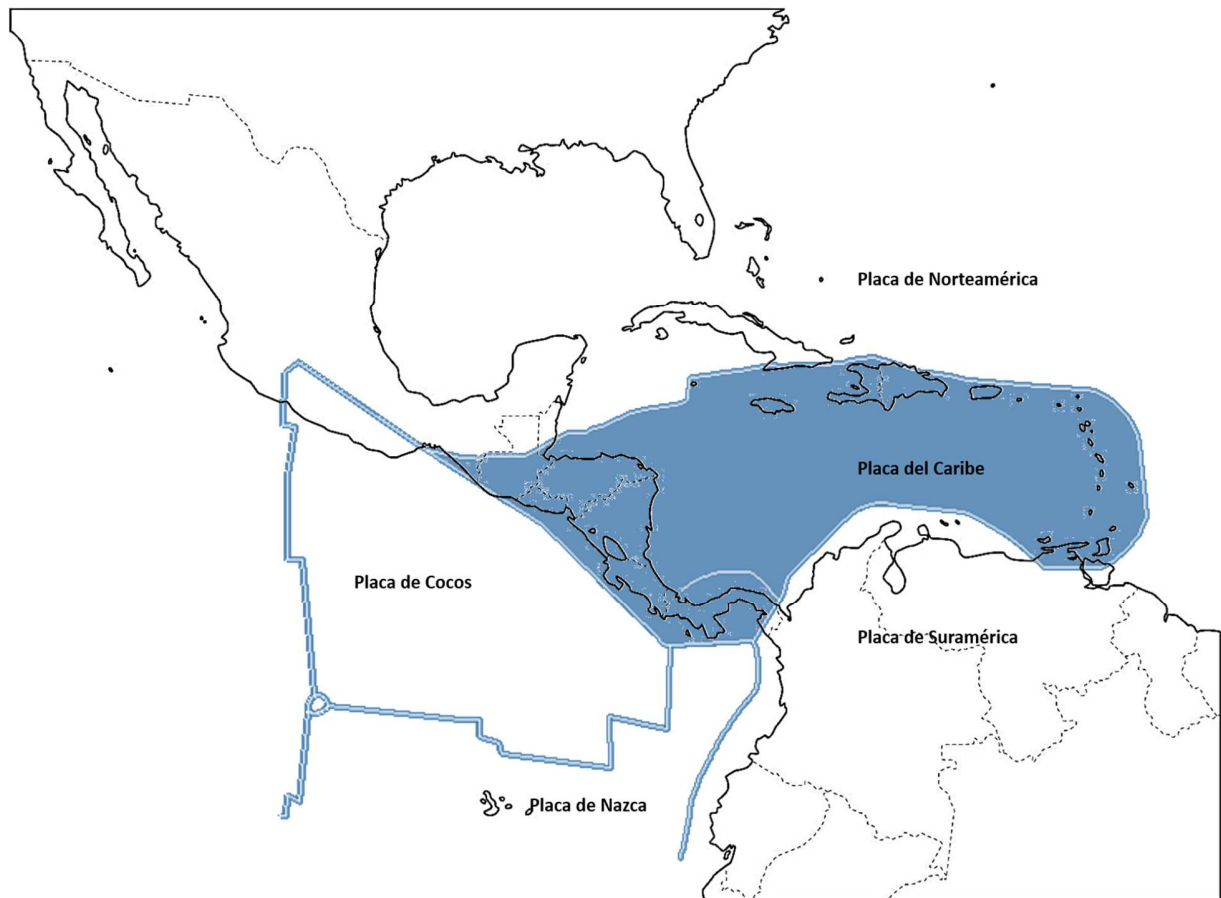


Ilust 3 Fosa de Milwaukee

La fosa de Milwaukee (ver il. 3) tiene una profundidad máxima de 8,600m, la más profunda del océano Atlántico. Esta al norte de Puerto Rico y es una zona de actividad sísmica, se une al sistema de componentes sísmicos aportando más tensión en la zona de República Dominicana y Puerto Rico, en donde se realizan las transferencia de energía sísmica ocasionando mayores movimientos telúricos en la zona de Samaná.

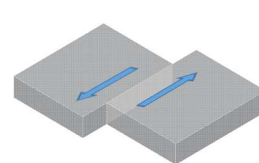
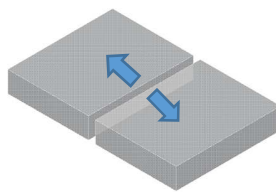
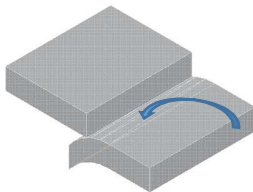
2.1.2 Placa del Caribe

La isla es sísmicamente activa por encontrarse ubicada sobre la placa tectónica del Caribe, en sus límites se une con la placa de Norteamérica al noreste, con la que está constantemente en rozamiento, la placa de Sudamérica al sureste, placa de Cocos al oeste. La placa del Caribe consta de unos 3,200,000km² de superficie (ver il.4).



Ilust 4 Placas tectónicas de América.

Los 3 movimientos que se producen entre las placas son: convergente, divergente y horizontales. (ver il.5). Los convergentes son los ocasionados por la superposición de una placa a otra, los divergentes son los movimientos de separación entre ellas y el horizontal es el desplace horizontal de dos direcciones en dos placas.



*Ilust 5 Movimiento convergente, Propio Mov. Divergente.
del autor.*

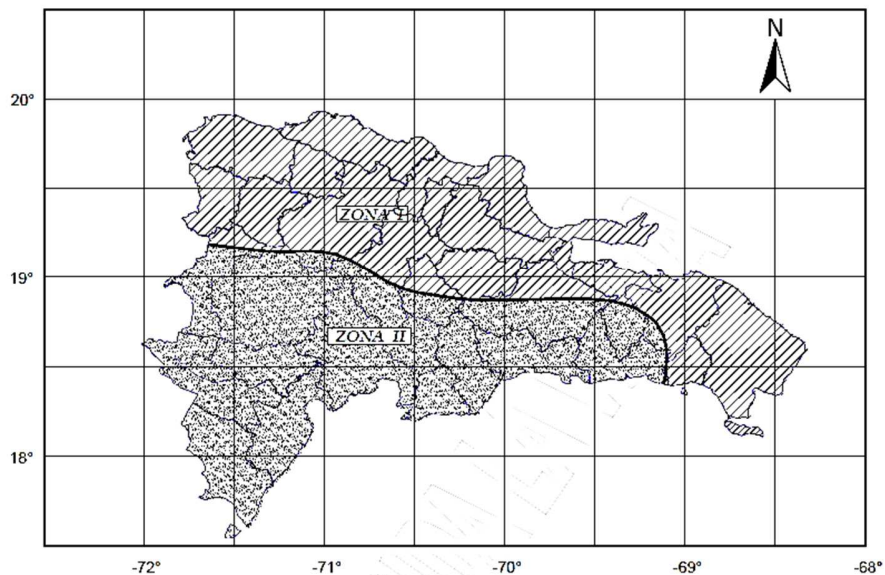
Mov. Horizontal.

En las demarcaciones de la placa del Caribe existe una alta concentración de terremotos e inicialmente al norte la de isla de Puerto Rico donde la placa de Norteamérica se desliza por debajo de la placa del Caribe dando lugar a fuertes eventos.

2.1.3 Reconocimiento de zona

El R-001 Reglamento Sísmico de la República Dominicana, califica al país en dos zonas, divididas por su nivel de aceleración sísmica espectral de referencia S_s , para un periodo de retorno de 2,475 años, con probabilidad de excedencia de un 2%, en 50 años.

MAPA N°1. - ZONIFICACIÓN SÍSMICA



Ilust 6 Mapa zona sísmica

Las provincias que tienen los niveles de S_s mayor que 0.95g están enmarcadas en la zona I, se denomina zona de alta sismicidad y la zona II es para aquellas provincias o municipios en donde la S_s sea menor a 0.95g. (ver il.6).

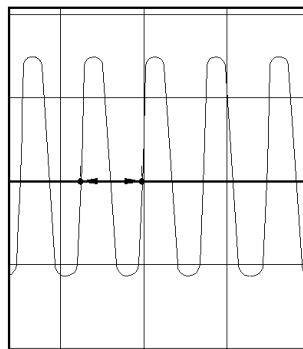
“Los valores para la S_s para los periodos cortos S_s y los periodos largos S_1 , serán indicados en la tabla”. (R-001 Reglamento Sísmico de la República Dominicana)

ZONIFICACIÓN SÍSMICA. VALORES DE S_s y S_1

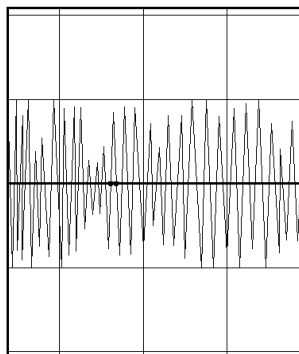
ZONA	S_s	S_1
I	1.55 g	0.75 g
II	0.95 g	0.55 g

Tabla 1 Tabla de aceleraciones sísmica

Esto quiere decir que la zona I supera 0,6 veces a las S_s de la Zona II, y en S_1 solo 0.2.



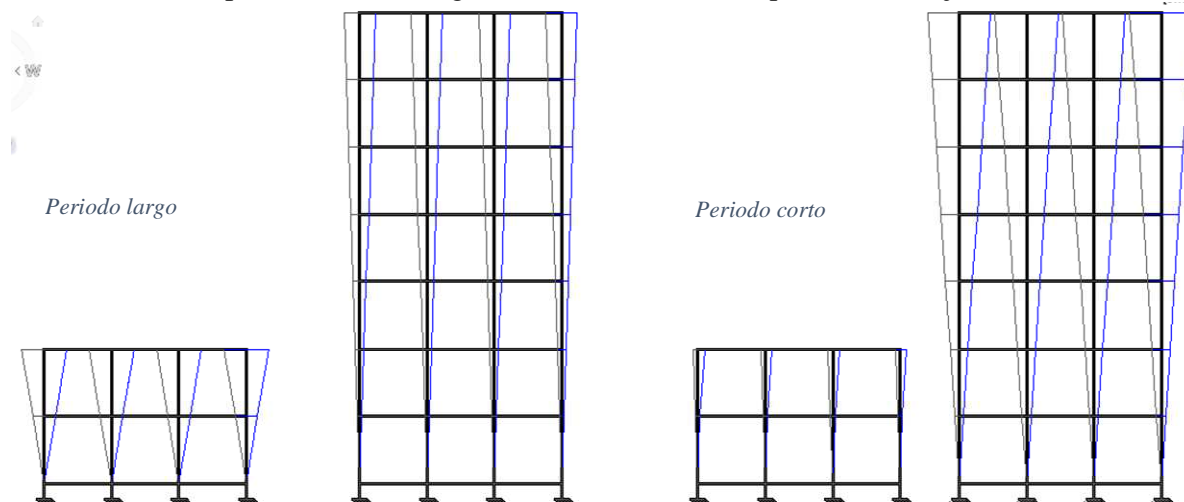
Ilust 7 Periodo largo, Propio.



Ilust 8 Periodo corto, Propio.

El periodo es el intervalo de tiempo que dura la repetición de un movimiento.

En sismología, el término periodo largo quiere decir que el tiempo entre cada repetición es más prolongado, si un movimiento $t=2s$, este podría producir grandes daños al edificio, la estructura se comporta de manera diferente que si fuese de periodo corto, sus movimientos son rápidos, movimiento $t=1s$, por tanto esto obliga a la estructura a tener que resistir mejor.



Ilust 9 Movimiento de los edificios según los periodos, Propio.

Los edificios de menor altura soportan bien los movimientos del periodo corto, acción que no pasa con los edificios altos, en donde las oscilaciones son más fuertes, acción de sacudida, el evento tiene menor duración.

En cambio, el periodo largo es aquel que pasa tan lento, que en edificios altos, se mueve toda la estructura en un vaivén y el evento dura más en tiempo. El comportamiento de ambos edificios es diferente, pues las longitudes de ondas aplican un efecto distinto en edificios de diferentes alturas. En este caso, el edificio de menor altura suele moverse más rápido que el edificio más alto, igual se estiman daños en la estructura.

2.1.4 Antecedentes sismológicos

En la República Dominicana han ocurrido eventos de movimientos telúricos de media magnitud por así llamarles, comparado con el este de Asia o aún más cerca, con el suroeste de Centroamérica.

Los terremotos se miden por la escala de Richter:

Magnitud (M_w =Mayores de 6,9° M_L =De 2,0° a 6,9°)	Descripción	Efectos de un sismo	Frecuencia de ocurrencia
Menos de 2,0	Micro	Los microsismos no son perceptibles.	Alrededor de 8.000 por día
2,0-2,9	Menor	Generalmente no son perceptibles.	Alrededor de 1.000 por día
3,0-3,9		Perceptibles a menudo, pero rara vez provocan daños.	49.000 por año.
4,0-4,9	Ligero	Movimiento de objetos en las habitaciones que genera ruido. Sismo significativo pero con daño poco probable.	6.200 por año.
5,0-5,9	Moderado	Puede causar daños mayores en edificaciones débiles o mal construidas. En edificaciones bien diseñadas los daños son leves.	800 por año.
6,0-6,9	Fuerte	Pueden llegar a destruir áreas pobladas, en hasta unos 160 kilómetros a la redonda.	120 por año.
7,0-7,9	Mayor	Puede causar serios daños en extensas zonas.	18 por año.
8,0-8,9	Gran	Puede causar graves daños en zonas de varios cientos de kilómetros.	1-3 por año.
9,0-9,9		Devastadores en zonas de varios miles de kilómetros.	1-2 en 20 años.
10,0+	Épico	Nunca registrado; ver tabla de más abajo para el equivalente de energía sísmica.	En la historia de la humanidad (y desde que se tienen registros históricos de los sismos) nunca ha sucedido un terremoto de esta magnitud.

Tabla 2 Escala de los terremotos según Richter

La parte norte de la isla ha sido la más afectada en el registro de estos fenómenos.

Terremotos

- Epicentro
- Réplicas



Ano	Magnitud Richter	escala de epicentro	Daños
11 de mayo de 1910			Barahona, Baní, San Cristóbal y Azua, daños en Santo Domingo
6 de octubre de 1911	7.0		Cordillera Central entre los nacimientos de los ríos Yaque del Sur y el Artibonito
11 de octubre de 1915	6.2		
24 de abril de 1916	7.2		Grietas en Santo Domingo, pánico en la población.
11 de octubre de 1918	7.5		
4 de agosto de 1946	8.1		Bahía Escocesa de la República Dominicana
			Daños en las provincias orientales. Produjo un tsunami y causó daños estructurales en Puerto Plata, San Francisco de Macorís, Salcedo, Moca, La Vega, Santiago, San Pedro de Macorís, Monte Plata y Santo Domingo. Las réplicas del 8 de agosto y del 21 de agosto fueron tan fuertes como el sismo provocando un pánico general. En un año se registraron cerca de 1200 réplicas de este terremoto.
8 de enero de 1962	6.5		Daños en San José de Ocoa, Azua, Bánica, Baní, San Cristóbal y Santo Domingo.




11 de julio de 1971	6.1		Daños en Santo Domingo.
23 de marzo de 1979	6.1		Daños en La Romana, San Pedro de Macorís y Santo Domingo.
24 de junio de 1984	6.7		Daños en La Romana, Higüey, Los Llanos, Bayaguana y Santo Domingo.
22 de Septiembre 2003	6.5		Epicentro a 10 km de profundidad y a 10km de distancia al sur de Puerto Plata. Daños a infraestructuras.
13 de Noviembre de 2010	5.6		70km al sur de Bayahibe La Romana Daños de gravedad en los sectores más pobres de La Romana.
12 de enero de 2010	7.0		a 15 km de Puerto Príncipe, la capital de Haití Numerosas muertes, aproximadamente 300.000 personas, 315.000 heridas, y más de 1.5 millones de personas sin hogar. Destrucción en Haití y daños en la parte oeste de República Dominicana.

Tabla 3 Datos obtenidos de Diariode3. CDN.

Podemos ver en la tabla 1, que la zona más afectada es la norte por donde cruza la Falla Septentrional, no obstante a esto, se registran terremotos importantes en la parte oeste (Haití) y en la parte este de la isla (La Romana).

Como hay eventos que se registran tanto en la parte norte como en el sureste de la isla, los más dañinos fueron el de 1946, produciendo un tsunami y el del 2010 en Haití que trajo la devastación de Puerto Príncipe y en República Dominicana se sintió en casi todo el territorio. Este terremoto recorrió la Isla, dejando daños materiales como el agrietamiento de comercios, escuelas y edificios, en otros casos, colapsos de estos.

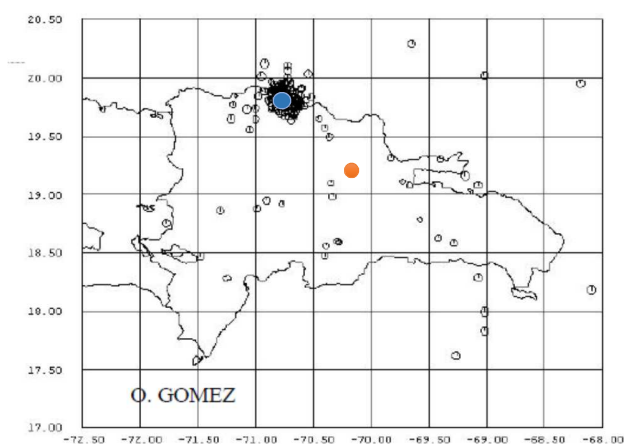
Muchas escuelas se han visto afectadas por terremotos, escuelas que se construyeron ya hace años y que cuyo diseño no corresponde a un terreno de actividad sísmica.

“la mayoría de estas escuelas existentes fueron importadas con las donaciones internacionales. Por ejemplo, muchas de ellas fueron construidas durante la invasión americana de 1916... Así, cada donación de los organismos internacionales traía consigo una escuela que en la mayoría de los casos su diseño no se correspondía con los requeridos en zonas de amenaza sísmica.

En nuestro país se continuaron diseñando escuelas en el departamento de diseño del MOPC siguiendo los esquemas convencionales y aunque en 1979 fueron establecidas las Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras, el mismo ministerio entendió que para edificaciones menores de cuatro 4 pisos, no era necesario aplicarle sismos a sus diseños y tenemos hoy como consecuencia, más de 6,000 planteles escolares entre 1,2 y 3 pisos cuyos diseños estructurales no contempla que están en un país que puede ser sometido a un terremoto de una magnitud mayor de 7.5 en cualquier momento". Reyes Madera, Leonardo (2014).

Esta es la razón de porqué nuestras escuelas no resisten un terremoto de gran magnitud, presentando agrietamientos y en otros casos, colapso de la estructura. Recientemente en la zona de Puerto Plata donde se ha presentado un sismo y algunos de los planteles escolares no resistieron los movimientos resultando una parte del plantel escolar colapsado.

Sismo de Puerto Plata



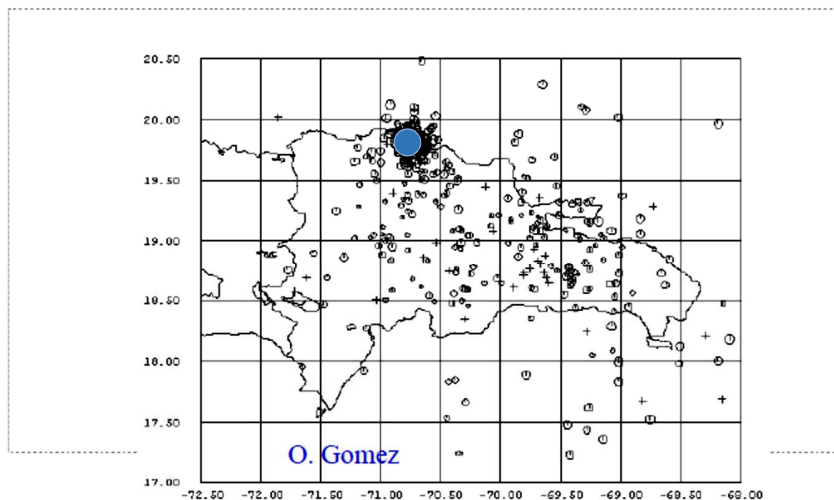
Ilust 10 Sismo de Puerto Plata

Esa misma noche se registraron 59 réplicas entre las magnitudes 6 y 3, después fueron bajando su intensidad, en Puerto Plata hubo un fallecido y en San Francisco de Macorís 2.

Terremotos más importantes del 22 de septiembre del 2003

Magnitud	Hora(UTC)	Latitud	Longitud	Profundidad	Referencia
6.5	04:45:35.8	19.676	70.667	10	Cerca P Plata
4.5	05:06:56.5	19.885	70.928	80	
5.1	05:30:15.9	19.605	70.517	10	20 kms SE PP
4.4	10:58:53.0	19.597	70.811	10	20 kms NW Sgo
4.7	12:39:37.8	19.631	70.653	10	15 km N de Sgo

Tabla 4 Tabla registro de movimientos sísmicos



Ilust 11 Actividad sísmica registrada

Luego del terremoto de 6.5 en escala de Richter, la actividad sísmica se fue distribuyendo a las demás fallas, activándose y disminuyendo la intensidad de sus réplicas (ver il.11). Registro de la Red Sísmica Dominicana (RSD) desde enero-octubre, se registraron 208 temblores.

Dice Odonel Gómez de la Red Sísmica Dominicana INDRHI, que

“Falla Camú fue la que produjo los terremotos, no la Falla de Hispaniola norte ni la Falla Septentrional”.

Esto es, que se esperaba que la liberación de energía se produjera en la Falla Septentrional, ya que sobre esta se había planteado que sucedería un sismo de gran magnitud, puesto que la falla tenía varios años sin presentar un movimiento importante, por tanto aun los expertos no desestiman la posibilidad de que otro gran sismo nos sorprenda, pues esperan que la Falla Septentrional libere energía y proporcione un terremoto de magnitud significativa que pudiera dejar grandes daños de no estar preparados. A esto que nuestras instalaciones escolares no están actas para que sirva de refugio en caso de necesitarse.

2.2 Conclusión

La isla está ubicada sobre la Placa del Caribe que esta bordeada por otras 4, el movimiento entre ellas libera energía por lo que se producen los sismos. Entre República Dominicana y Haití existen 14 fallas geológicas, la más importante es la Falla Septentrional que se mantiene activa. Junto con la Fosa de Milwaukee que está localizada al norte de la isla de Puerto Rico cuando esta presenta movimiento estos son transferidos a las fallas de República Dominicana añadiendo energía y liberándola de manera paulatina en magnitudes pequeñas.



República Dominicana se divide en dos zonas sísmicas, en donde la zona I en la parte norte tiene una S_s de 0.75g hasta 1.55g y la zona II tiene una S_s menor de 0.95g a 0.55, por lo que la zona norte es la más propensa a experimentar actividad sísmica los antecedentes sísmicos así lo confirman. En esta zona se encuentra la falla Septentrional.

El cumplimiento de las reglamentaciones debería de ser riguroso a la hora de construir para esta zona, ya que presenta mayor actividad.

Los expertos analizan la fuerza de los sismos más recientes, y aseguran que aún se espera que la falla Septentrional libere energía con un sismo aun mayor que el ocurrido en Haití, ya que concluyen que la falla sigue activa pues la que hizo efecto en Haití fue la falla Camú. La falla Septentrional está en su tiempo de retorno por lo que guarda una gran cantidad de energía lo que hace pensar que produciría un terremoto de gran magnitud que sería catastrófico para la isla por lo que las entidades constructivas deben de estar preparadas para cuando esto ocurra.

El territorio dominicano es potencialmente activo por las numerosas fallas en la que se asienta. Los registros de eventos anteriores nos ofrecen un panorama de lo que podríamos esperar en el futuro, donde las placas están en movimiento y almacenan una energía que no se puede predecir cuándo sucederá ni darnos un punto exacto, pero más o menos sí la intensidad con la que nos pudiera azotar.

CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN ESTRUCTURAL DE LOS PLANTELES ESCOLARES

3.1 Sector Público y las Escuelas

Las escuelas públicas de República Dominicana albergan niños y jóvenes de escasos recursos que acuden por el pan de la enseñanza. El Sector público es el encargado de llevar la educación a cada rincón del territorio dominicano, es el responsable de que esta educación sea de calidad, responsable de que cada docente tenga la preparación necesaria para orientar y educar a la población, a que tengan un espacio físico donde adquirir conocimientos, a esto, se ha venido implementando múltiples medidas para que todos tengan ese derecho a su alcance.



Ilust 12 Centro Educativo María Paulino, Villa Progreso Cotui

Muchas comunidades se han valido de construcciones efímeras de escuelas, construcciones de madera con cubierta metálica (Zinc) il. 12, como elementos que están al alcance de cada sector. Estas construcciones con los efectos de los fuertes vientos y de la lluvia en temporada ciclónica se muestran muy deterioradas y muchas veces destruidas. La población haciendo uso de sus recursos erige casuchas de manera empírica y sin ningún tipo de tecnicismo.

Estos tipos de construcción se denotan en las zonas rurales más apartadas (madera con cubierta metálica). En zonas urbanas podemos localizar escuelas con vida de construcción más larga y seguras, con muros y cubiertas de hormigón.

Otras comunidades más privilegiadas tienen el aval de las autoridades para facilitar la construcción de escuelas con muros de bloques de hormigón y cubierta metálica (Zinc) il.13, en otros casos cubierta de hormigón armado, cubriendo así la necesidad de dichas comunidades.



Ilust 13 Centro Educativo Luis Medrano González, Pedernales



Ilust 14 Bejuco, Gaspar Hernández 2012-2013

En un país con trayectoria sísmica, donde cada evento es una nueva experiencia para recoger información necesaria poniendo a prueba los sistemas y tecnologías, está visto que por años han constado las afecciones en los planteles educativos producto de los movimientos telúricos y los fuertes vientos que, en algunos casos, se ha podido subsanar.

En el sector público hay profesionales altamente capacitados que por experiencias aprendidas y conocimientos técnicos, han buscado la manera factible para que las escuelas no cedan ante el evento de un sismo, se han estipulado normas y reglamentaciones que dictan la forma correcta de cómo debe hacerse la ejecución en obra junto a las especificaciones técnicas del uso y calidad del material. Dichas normativas están siendo violadas a la hora de construir, no admitiendo algunos de los acápites, creando así un punto débil en la estructura.

Se sigue construyendo de la misma manera que años anteriores, acudiendo muchas veces a mano de obra no cualificada, que ha tenido su formación de manera empírica y sin supervisión, las construcciones de planteles escolares están no para resistir a largo plazo.

“Existen unos 5500 edificios escolares y aproximadamente el 70% son rurales, pero la gran población estudiantil (72%) se encuentra concentrada en un poco más de 1000 planteles urbanos”. Peña, Julio (2014).

3.1.1 Escuela Rural – Escuela Urbana

La siguiente tabla muestra los diferentes materiales que se suelen emplear en la zona rural y la zona urbana, teniendo en cuenta que podemos encontrar las distintas configuraciones en las dos zonas, esto obedeciendo del nivel adquisitivo de cada población.

Material	Escuela Rural	Escuela Urbana
Cubierta Metálica	✓	✓
Cubierta Hormigón	✓	✓
Muros de Bloques Hormigón	✓	✓
Muros de Madera	✓	

Tabla 5 Tabla de los materiales, Propio.

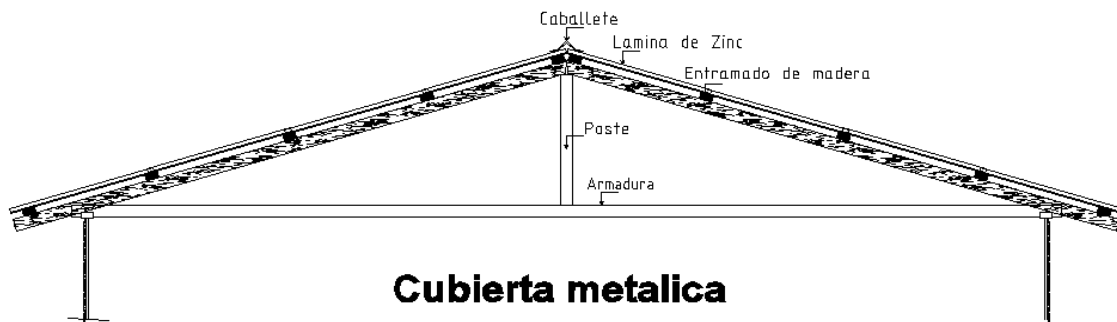
Cubierta Metálica: muy común tanto en la ciudad como en los pueblos, por ser un material económico, no es habitual en las grandes urbes.



Ilust 15 Comunidad de Villalpando, Azua 2013



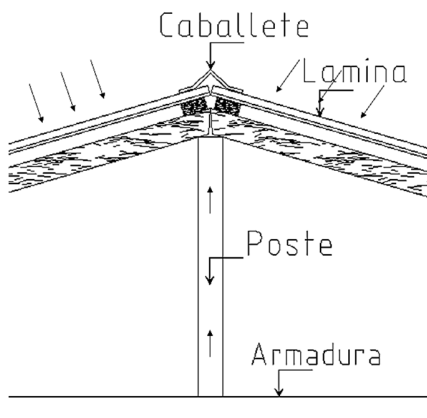
Ilust 16 Padre las Casa, La Escuela de El Tetero-2006



Cubierta metalica Cerramiento de madera

Detalle 1 Estructura de escuela, Propio.

La cubierta a dos aguas: láminas de zinc que son fijadas con clavos a un entramado de madera. La cubierta cubre toda la luz apoyándose de un poste central.



Detalle 2 Forjado metálico, Propio.

La fuerza que el viento genera sobre la cubierta es soportada por el poste central y transferida a los extremos.

El cerramiento de madera son módulos que tienen una muesca en la parte superior para recibir el entramado de la cubierta, estos son unidos al tabique estructural perimetral.



Detalle 3 Cerramiento de madera, propio.

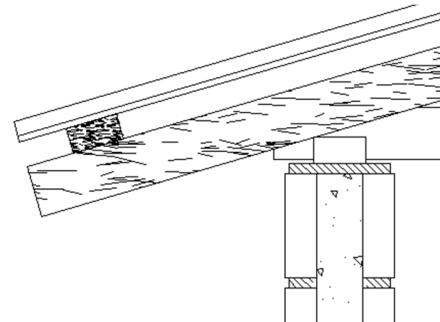


Ilust 17 Centro Educativo República de Brasil, San Carlos, Gran Santo Domingo 2013

La cubierta metálica es unida a un tablón de madera que es fijado al muro perimetral de bloques de hormigón.



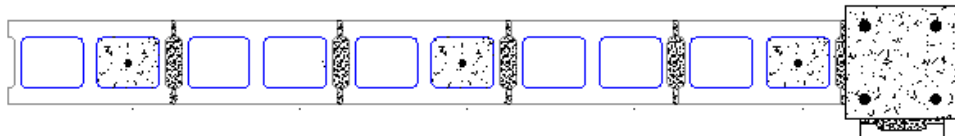
Ilustración 1 Escuela Salome Ureña, El Capotillo, Santo Domingo. 2013



Detalle 4 Encuentro de cubierta con muro, propio.

Se puede apreciar un sistema en donde las columnas y el cerramiento forman una sola unidad, los esfuerzos horizontales son resistidos por los muros intermedios que dan resistencia al módulo.

Hay varias escuelas con esta configuración en los barrios de la capital de la República Dominicana, añadiendo la falta de mantenimiento de la estructura que conlleva a la degradación del material. Los huecos del cerramiento en algunos casos son rellenados cada 0.80m en donde se le coloca la armadura.



Detalle 5 Sección transversal de cerramiento, MOPC

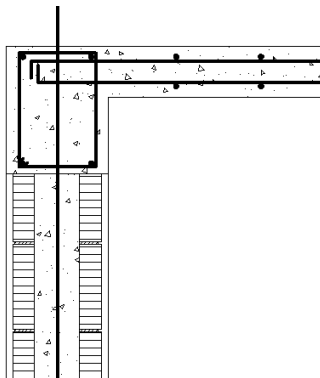


Ilust 18 Escuela Gregorio Luperón, Nagua 2010



Ilust 19 Escuela Primaria Emma Balaguer, Sto. Dgo. 2014

Cubierta de Hormigón: puede estar tanto en la ciudad de Santo Domingo como en las capitales de las provincias, algunos poblados con más recepción tienen escuelas con este tipo de cubierta.



Detalle 6 Encuentro cerramiento con forjado, propio.

En este tipo de escuelas la configuración de los muros de cerramientos perimetrales con el forjado trabaja como una unidad. En la ejecución se sube el muro perimetral con los aceros desde la cimentación cada 3 cámaras de los bloques de hormigón se rellena con un acero centrado (det.6), luego se encofra la columna y el zuncho quedando como un todo.

Lo mismo para una losa a dos aguas, donde las cargas pasan tanto a las columnas como a los muros.

Como se observa en la il. 18, existen entidades que utilizan el block calado como parte del cerramiento perimetral, haciendo que estos trabajen por la carga

distribuida del forjado.

3.2 Comparación de modelo de escuelas tradicional y nuevo modelo en construcción

El Reglamento para el Diseño de Plantas Físicas y Escolares establece que la estructura pudiera ser de 3 tipos, muros de mampostería armada, acero y pórticos de hormigón armado.

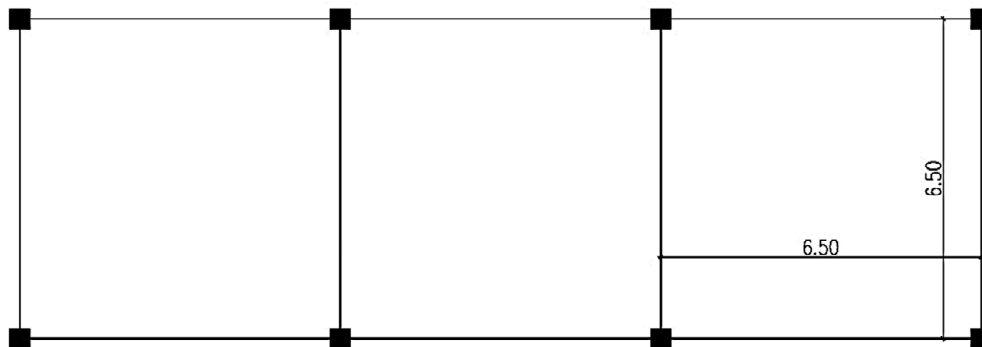
En el caso de las fundaciones se tomará previa revisión del estudio de suelo.

El sistema debe tener cierta rigidez pero a su vez ser flexible a los movimientos horizontales, dándole libertad para el desplazamiento de la estructura.

Un plantel educativo pertenece al grupo III de la calificaciones de los edificios en el Reglamento Sísmico R-001, esto es que debe de servir de refugio posterior a un evento, debe de mantener su funcionamiento inmediatamente suceda un sismo.

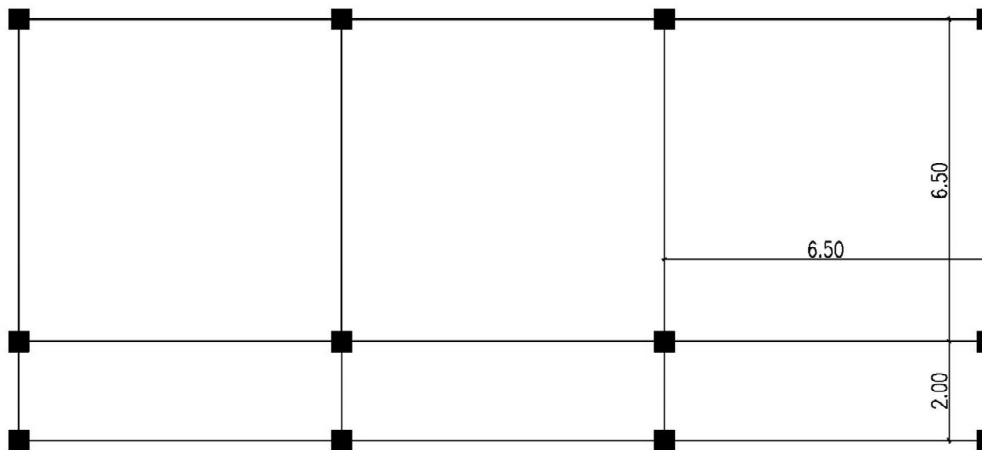
3.2.1 Modelo tradicional-Sistema estructural

El modelo tradicional utilizado es el sistema rígido de pórticos continuos de hormigón armado, de 1,2 o 3 niveles, con una luz aproximada de 5 a 6 metros y una altura entre el piso terminado a piso terminado de 3.5m. (Ver il.20)



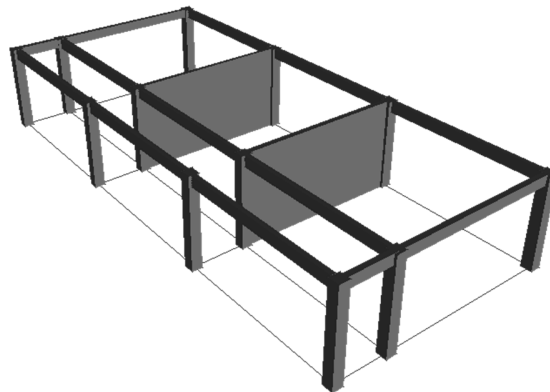
Ilust 20 Esquema de modelo tradicional, propio.

Las losas mayormente son unidireccionales continuas que se extienden para formar el corredor que da acceso a las aulas. (Ver il.21)



Ilust 21 Estructura de pórticos, propio.

Este sistema es un pórtico rígido es combinada con muros de carga que resisten los desplazamientos en la dirección en la que se encuentre. (Ver il.22)



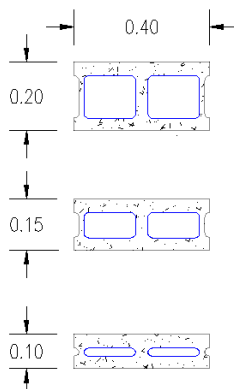
Ilust 22 Estructura de pórticos y muros de cargas. Propio.

Las fuerzas de los empujes son retenidas por los muros de carga en una sola dirección, dejando la dirección longitudinal libre, permitiendo el desplazamiento de los puntos de uniones.

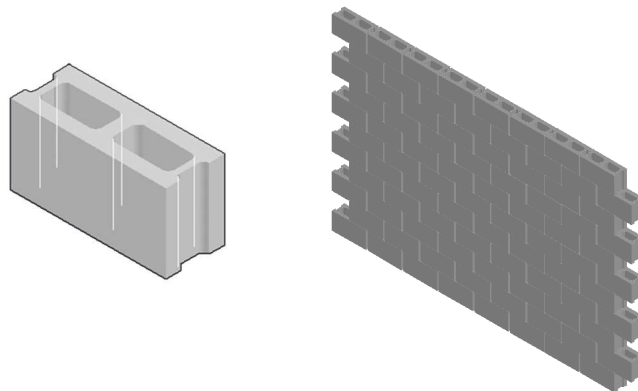
3.2.2 Modelo tradicional-Sistema constructivo

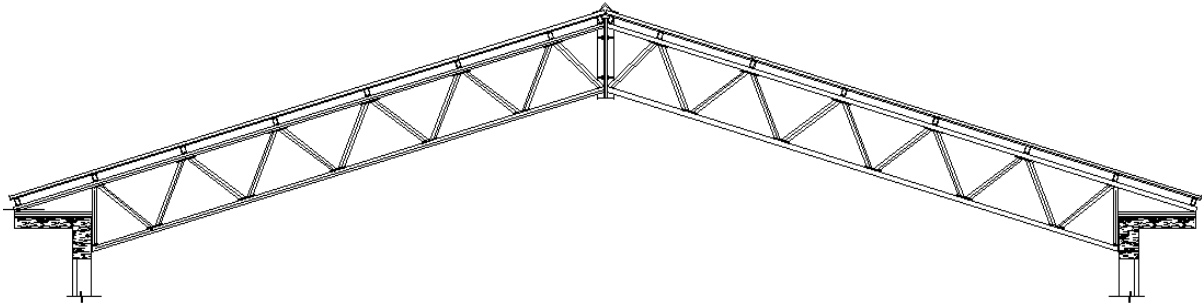
El hormigón armado es el material de construcción, en general, que más se usa en República Dominicana, en edificios educativos se sobrepone el hormigón armado, losas de hormigón para cubiertas y entrepiso y bloques de hormigón para cerramiento.

En algunos casos se añade la estructura metálica para la cubierta, esta por considerarse de menor costo y rápido ensamblaje.



Detalle 7 Bloques de hormigón para cerramiento





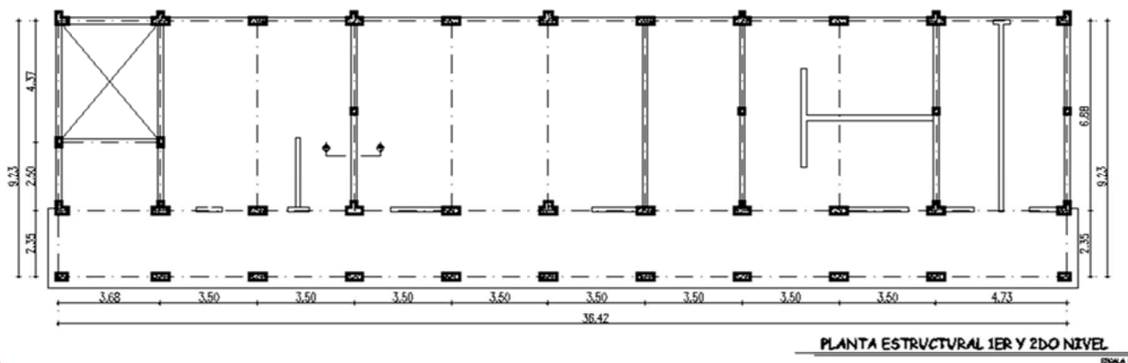
Detalle 8 Cubierta metálica, plancha de aluzinc. MOPC.

En la cubierta metálica se suelen usar la plancha de zinc y aluzinc, la estructura, metálica o un entramado de madera en algunas escuelas rurales. En ambos casos la unión es con elementos metálicos, protegiendo que no filtre agua por los orificios.

En el país no se está acostumbrado a trabajar con aislamientos en cerramientos para estos tipos de edificaciones, por lo que estar al interior de las mismas un día soleado puede ser agobiante. Con ayuda de la ventilación natural cruzada, la sensación de calor pueda que reduzca un poco.

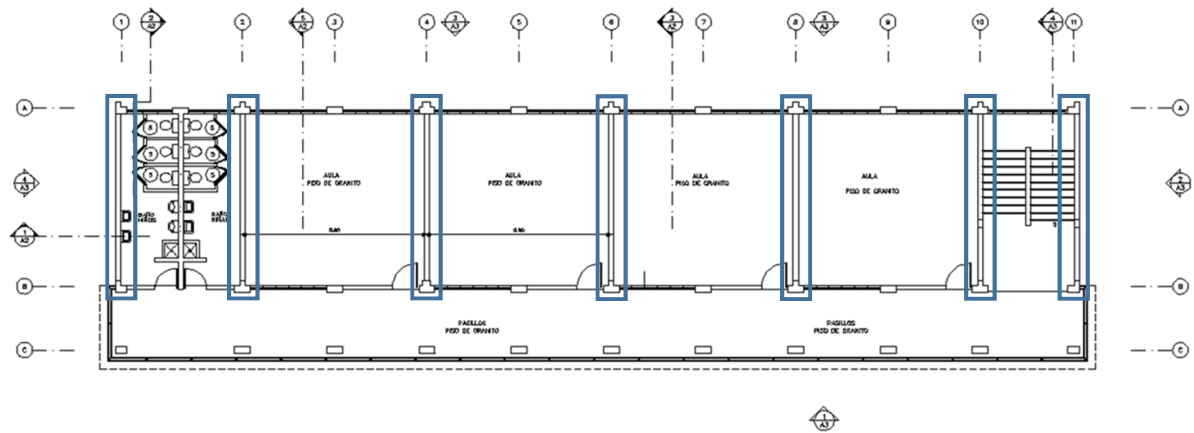
3.2.3 Nuevo modelo en construcción

Planta estructural de una escuela tipo (caso: Escuela Básica la Victoria I), la cual se está construyendo en el municipio de La Victoria Santo Domingo Norte, proyecto del Ministerio de Obras Públicas y Comunicación como parte de los objetivos del mandato de gobierno.



Ilust 23 Planta estructural tipo, MOPC

La planta rectangular de la escuela es de 9.23m x 36.42m (336.15m²) está dispuesta por 3 alturas de 3.20m cada una, 11 pórticos paralelos continuos de 36.42m, con 2 vanos de 4.37m y 2.50m consecutivamente, losas unidireccionales continuas de 10 vanos con luces variable; en su extremo izquierdo 3,68m, en el centro luces de 3.50m y el extremo derecho 4.73m. Se le da acceso a la cubierta por la escalera que sube al 4to nivel.



Ilust 24 Planta arquitectónica tipo, caso: Escuela Básica Victoria I, MOPC.

Planta tipo de modelo de escuela en construcción, se pueden extraer las siguientes características:

Planta rectangular

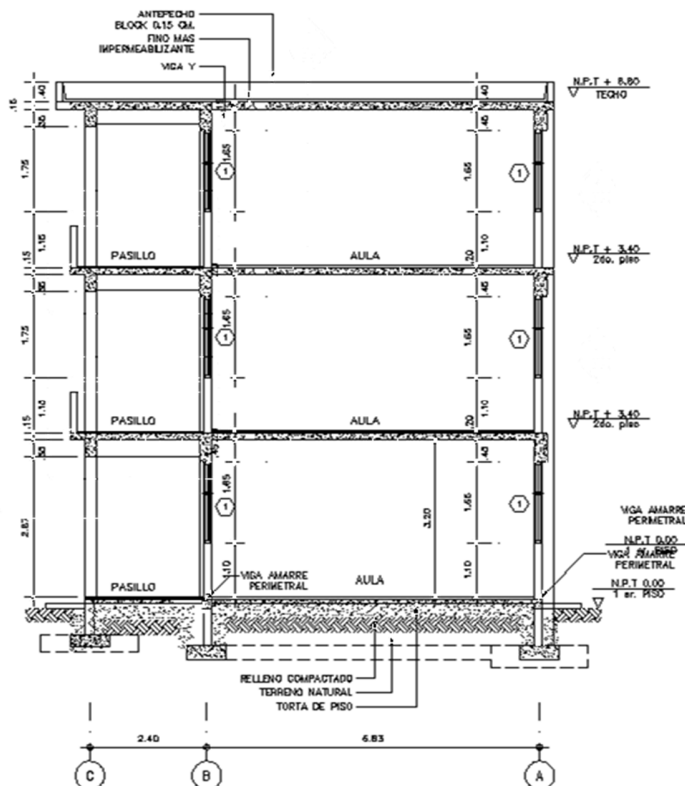
Batería sanitaria en uno de los extremos (se corresponde con la orientación de la planta)

Solo un acceso vertical para 3 niveles.

Vuelo de la losa que sirve como espacio servidor

El aula es de 6.80m x 6.63m.

En la sección podemos visualizar:



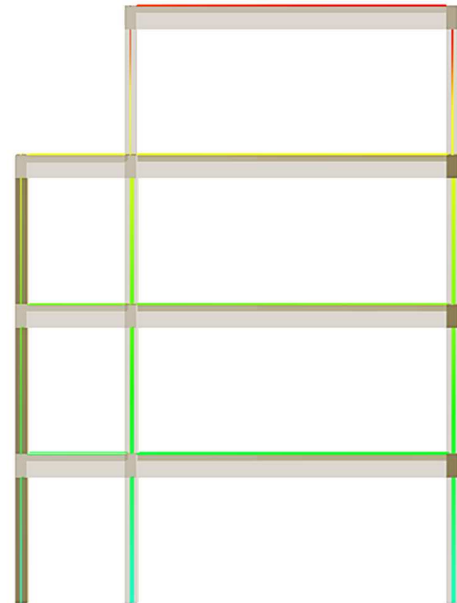
Ilust 25 Sección de escuela, MOPC

- La altura de piso a techo terminado es 3.20m.
- El espesor de la losa es de 0.15m.
- El área del aula es de 45m².
- Altura de barrera pasillo 1.15m.
- Altura de ventana 1.65m.
- Espacio servidor de 2.6m de ancho.

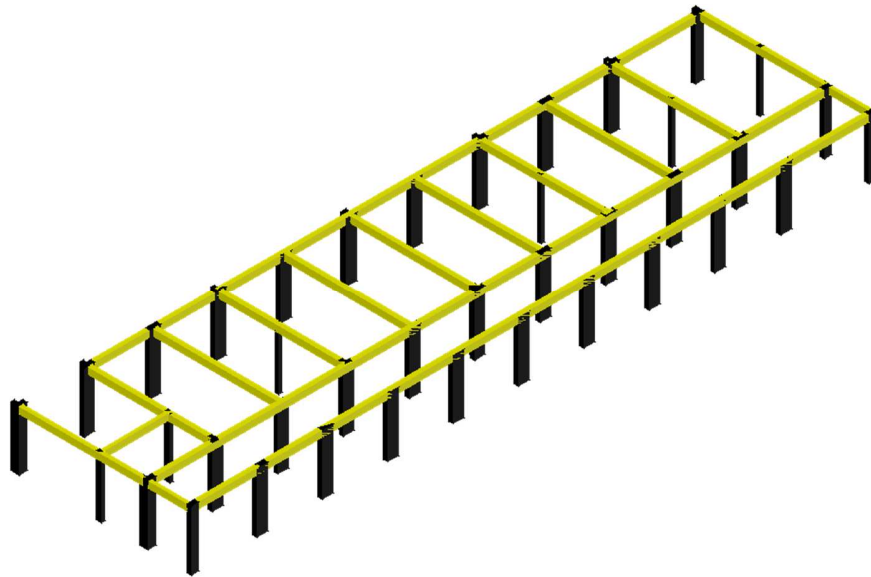
3.2.3.1 Tipología estructural

Sistema reticular de pórticos de hormigón armado conformados unos superpuestos a otros, en donde las secciones de las columnas son variadas en la primera planta y suben al tercer nivel, el 4to nivel es un módulo del elemento emergente.

La estructura trabaja independiente del cerramiento según los planos obtenidos.

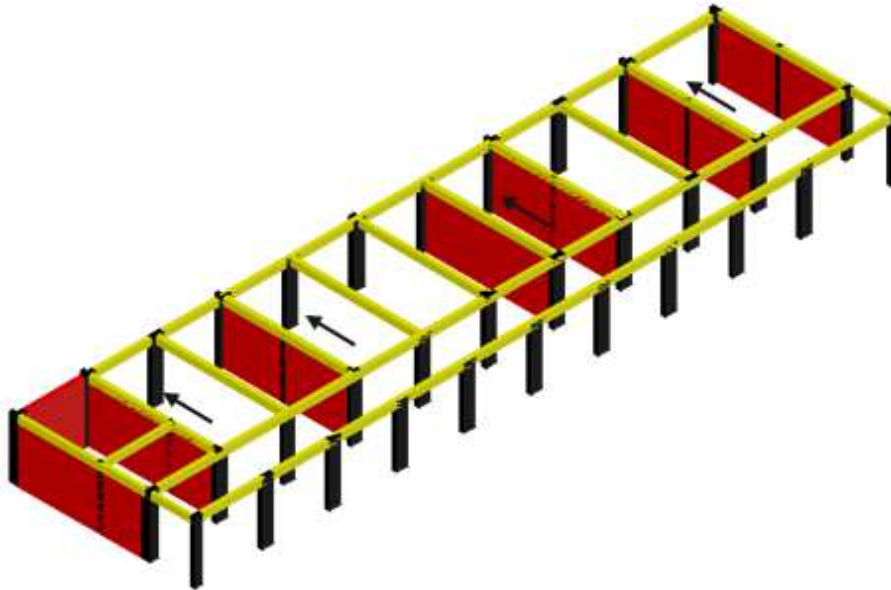


Ilust 26 Pórticoestructural Cype. Propio



Ilust 27 Estructura de pórticos, Propio.

Este sistema es un pórtico rígido, combina muros y pórticos con poco margen de deformación lateral. La estructura tiene muros de cargas intermedios que permiten al módulo de pórticos ser más resistentes a las fuerzas horizontales en dirección Y, para darle más estabilidad a la estructura, mientras que la dirección X tiene más libertad de movimiento.



Ilust 28 Estructura de pórticos y muros de cargas. Propio.

Las fuerzas de los empujes son retenidas por los muros de carga en una sola dirección, dejando la dirección longitudinal libre, permitiendo el desplazamiento de los puntos de uniones.

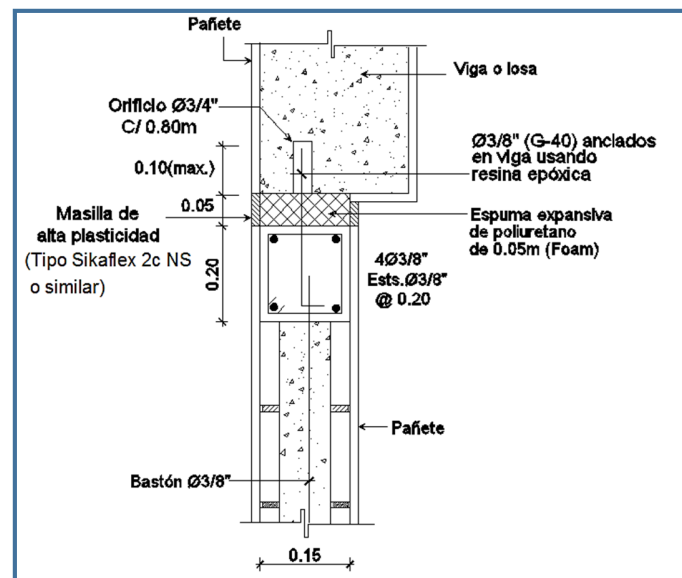
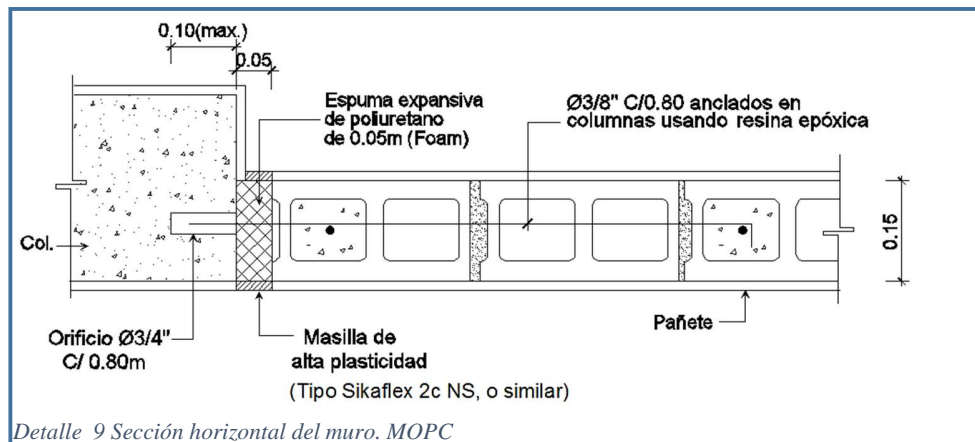
Para que el sistema constructivo y el módulo estructural funcione, se debe de tomar en cuenta un sistema que pueda absorber todos los movimientos, las condiciones del terreno y la zona sísmica a la que corresponda, por las diferencias de aceleraciones.

La sección de la viga es de 25cmx60cm sobresaliendo 0.025m a cada lado de los muros interiores de 0.20m de espesor.

3.2.3.2 Tipología de cerramiento

EL cerramiento conlleva un muro de hormigón armado con una dimensión de 0.15m o de 0.20m, en este nuevo modelo se ha adicionado una junta expansiva que permite la separación del cerramiento del sistema estructural, permitiendo la libertad de movimiento de la estructura, trabajando ambos sistemas de forma independiente.

Esquema estructural de una escuela tipo en construcción (caso: Escuela Básica la Victoria I).



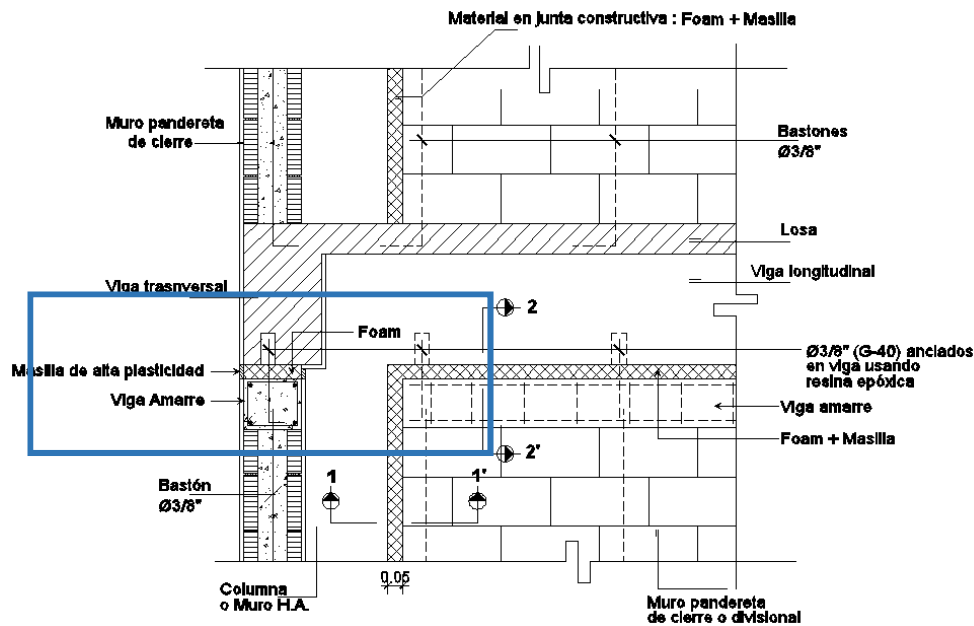
Detalle 10 Sección vertical del muro. MOPC

La placa expansiva de poli estireno (foam), es usada como separador de sistemas, por lo que su incorporación en la estructura busca que el movimiento ante un sismo se haga libremente, sin que afecte a ninguno de los dos miembros.



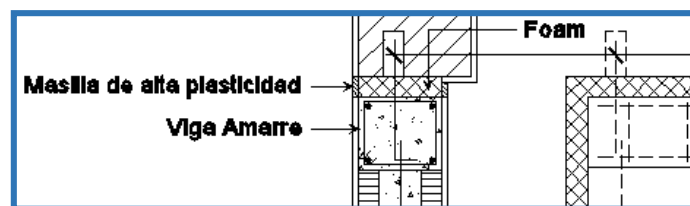
Propiedades mecánicas

- Resistencia a la compresión a largo plazo
- Contracción transversal
- Resistencia a la tracción, flexión y al deslizamiento



Detalle 11 Sección vertical, vista en elevación; junta de dilatación del muro; unión de cerramiento con pórtico.MOPC

En el det. 12 se puede ver la junta de foam con una distancia de 0.05m, luego como sellador la masilla tipo sikaflex.



Detalle 12 Junta cerramiento – estructura. MOPC

Se usa un corrugado que une el muro de cerramiento con el pórtico para mantener la estabilidad de este. El corrugado es introducido en el perforado de la viga al que se le inyecta resina epoxica. Esto ayuda a que cuando se produzcan los movimientos horizontales el

pórtico trabaje independientemente del cerramiento, dándole a la cierta libertad para el movimiento.

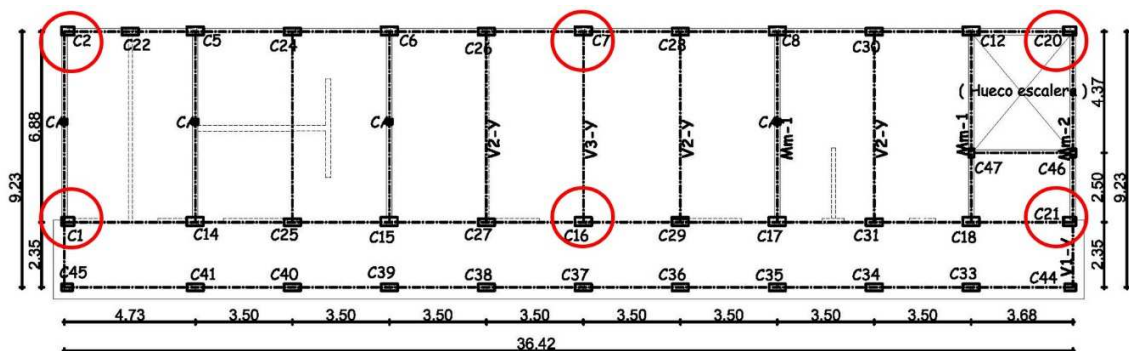
3.2.3.3 Análisis estructural sísmico de comprobación

El análisis realizado es un análisis dinámico modal en donde intervienen los efectos de las cargas gravitacionales (cargas muertas y sobrecarga), y las fuerzas sísmicas.

En este pretendo comprobar la estabilidad de la edificación por acción del sismo, la resistencia de los elementos estructurales, la validez de utilizar una junta constructiva de 5cm para el desplazamiento de los pilares, tal y como se recomienda, provocando el menor daño posible a los elementos constructivos, todo esto tomando como referencia el último modelo de diseño antisísmico de escuelas realizado por el MOPC, específicamente, los planos de la escuela básica La Victoria I.

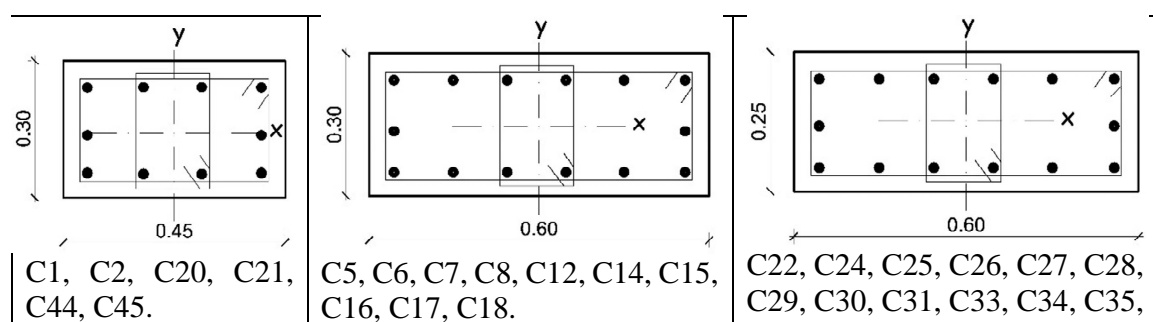
3.2.3.3.1. Desplazamientos máximos de pilares en situaciones sísmicas con muros de cerramientos.

Los desplazamientos de los pilares son generados desde la cota 0,00 hasta la cubierta.



Ilust 29 Planta estructural tipo. MOPC

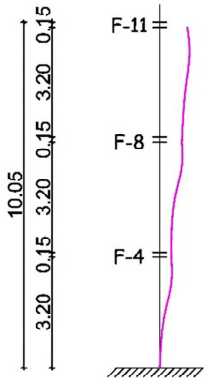
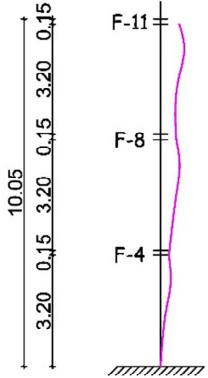
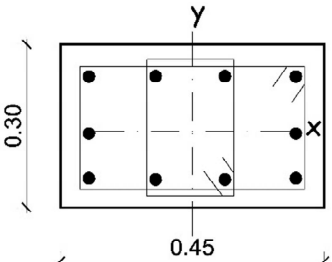
Analizaremos el desplazamiento máximo de los pilares de los extremos ya que el desplazamiento de muchos de estos, en una dirección es constante.



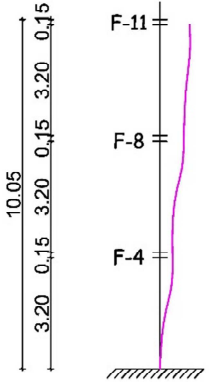
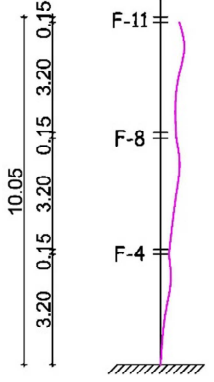
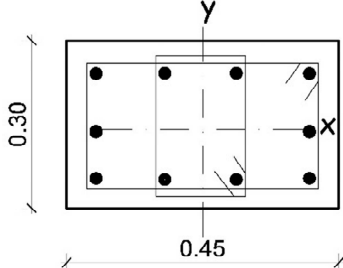
		C36, C37, C38, C39, C40, C41.
Altura total del pilar: arranque: 0,00; cabeza:10,20m Hormigon: $f'c=210\text{kg/cm}^2$	Acero: Grande 60 Tamano maximo del árido: 15mm Separación de estribos: 0.20m Longitud de pandeo plano $Zx:0.30\text{m}$; plano $Zy:0.30\text{m}$	

Detalle 13 Tabla de columnas. Propio.

Desplazamiento pésimos en pilarea (combinaciones sísmicas)

C1		Cota	Desp. X	Desp. Y	Esquema de mov. desp. x	Esquema de mov. desp. y
DESPLAZAMIENTOS	Cimentación	0.00	0.00	0.00		
	Forjado 4	3.33	3.39 mm	2.38 mm		
	Forjado 8	6.73	6.40 mm	4.51 mm		
	Forjado 11	9.90	7.97 mm	5.38 mm		
						

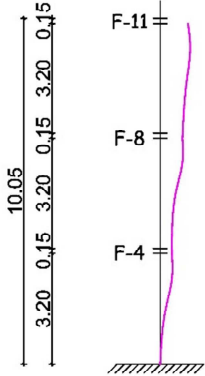
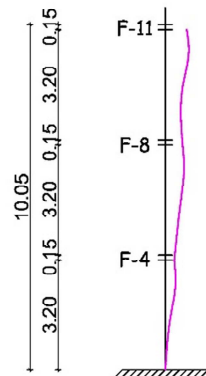
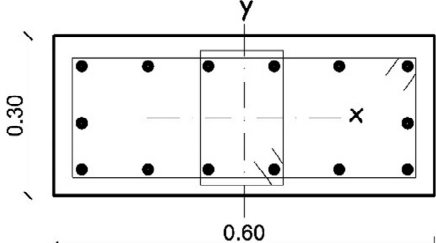
Detalle 14 Tabla de columnas. Propio.

C2		Cota	Desp. X	Desp. Y	Esquema de mov. desp. x	Esquema de mov. desp. y
DESPLAZAMIENTOS	Cimentación	0.00	0.00	0.00		
	Forjado 4	3.33	3.61 mm	2.38 mm		
	Forjado 8	6.73	6.82 mm	4.51 mm		
	Forjado 11	9.90	8.49 mm	5.38 mm		
						

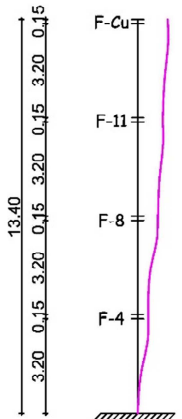
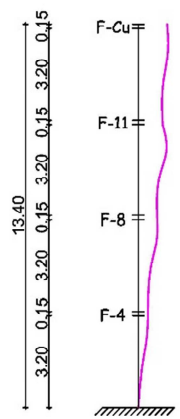
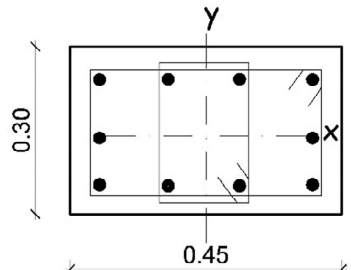
Detalle 15 Tabla de columnas. Propio.

C7		Cota	Desp. X	Desp. Y	Esquema de mov. desp. x	Esquema de mov. desp. y
DESPLAZAMIENTOS	Cimentación	0.00	0.00	0.00		
	Forjado 4	3.33	3.61 mm	2.59 mm		
	Forjado 8	6.73	6.82 mm	5.01 mm		
	Forjado 11	9.90	8.49 mm	6.24 mm		

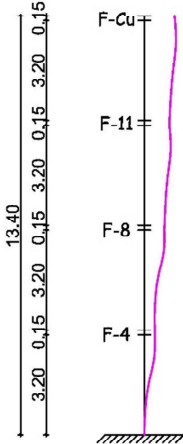
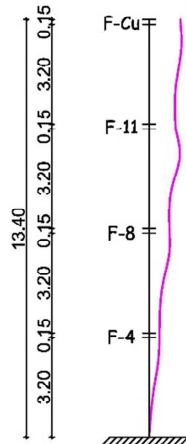
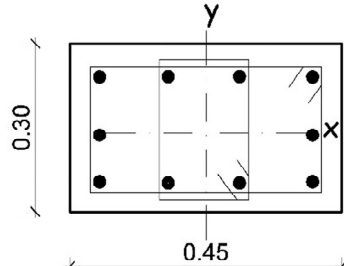
Detalle 16 Tabla de columnas. Propio.

C16		Cota	Desp. X	Desp. Y	Esquema de mov. desp. x	Esquema de mov. desp. y
DESPLAZAMIENTOS	Cimentación	0.00	0.00	0.00		
	Forjado 4	3.33	3.39 mm	2.59 mm		
	Forjado 8	6.73	6.40 mm	5.01 mm		
	Forjado 11	9.90	7.97 mm	6.24 mm		
						

Detalle 17 Tabla de columnas. Propio.

C20		Cota	Desp. X	Desp. Y	Esquema de mov. desp. x	Esquema de mov. desp. y
DESPLAZAMIENTOS	Cimentación	0.00	0.00	0.00		
	Forjado 4	3.33	3.61 mm	3.34 mm		
	Forjado 8	6.73	6.82 mm	6.56 mm		
	Forjado 11	9.90	8.49 mm	8.46 mm		
	Cubierta esc.	13.30	10.17mm	10.01mm		
						

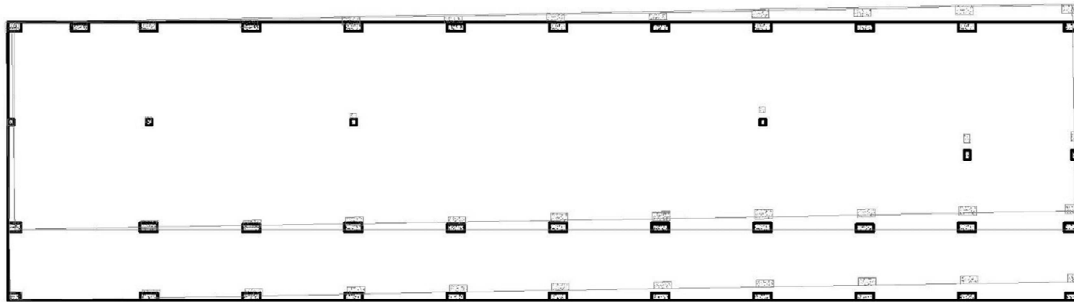
Detalle 18 Tabla de columnas. Propio.

C21		Cota	Desp. X	Desp. Y	Esquema de mov. desp. x	Esquema de mov. desp. y
DESPLAZAMIENTOS	Cimentación	0.00	0.00	0.00		
	Forjado 4	3.33	3.39 mm	3.34 mm		
	Forjado 8	6.73	6.40 mm	6.56 mm		
	Forjado 11	9.90	7.97 mm	8.46 mm		
	Cubierta esc.	13.30	9.54mm	10.01mm		
						

Detalle 19 Tabla de columnas. Propio.

Podemos notar en los esquemas de movimiento que las columnas C2, C7y C20 hay un desplazamiento constante en dirección del eje X, mientras aumenta el desplazamiento considerablemente en el eje Y.

Para las columnas inferiores: C1, C16, C21, los desplazamientos en el eje X son constantes, mientras que en el eje Y van aumentando considerablemente.



Ilust 30 Desplazamiento de planta dirección Y. Propio.

Esquema de movimiento en planta de todas las columnas.

Se aprecia el desplazamiento en el eje Y de todas las columnas, en donde su valor en X es constante.

3.2.3.3.2. Análisis de desplazamientos en situaciones sísmicas de pilares sin muros de cerramientos.

Analizaremos el desplazamiento máximo de los pilares de los extremos ya que el desplazamiento de muchos de estos en una dirección es constante. Veremos los desplazamientos de los pilares sin muros intermedios, ni cerramientos, haciendo una comparación con los desplazamientos de pilares con muros de cerramientos, para ver la diferencia entre ellos, así ver la acción de los muros frente al movimiento.

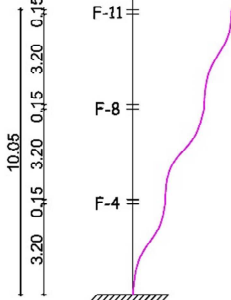
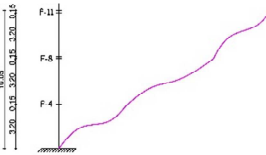
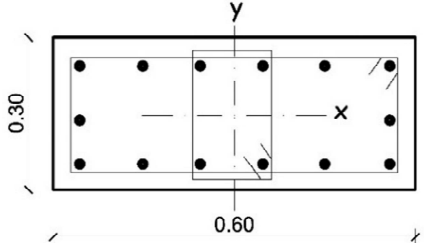
C1		Cota	Desp. X	Desp. Y	Esquema de mov. desp. x	Esquema de mov. desp. y
DESPLAZAMIENTOS	Cimentación	0.00	0.00	0.00		

Detalle 20 Tabla de columnas. Propio.

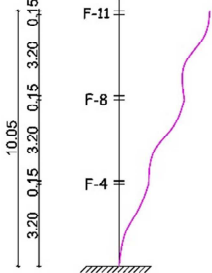
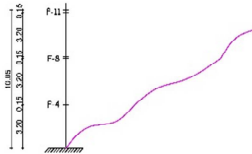
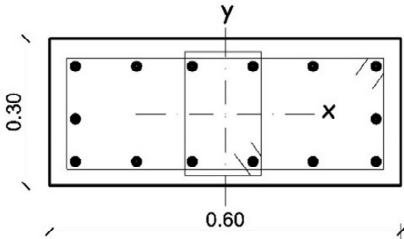
C2		Cota	Desp. X	Desp. Y	Esquema de mov. desp. x	Esquema de mov. desp. y
----	--	------	---------	---------	-------------------------	-------------------------

DESPLAZAMIENTOS	Cimentación	0.00	0.00	0.00
	Forjado 4	3.33	11.30mm	48.97 mm
	Forjado 8	6.73	24.96mm	110.01mm
	Forjado 11	9.90	34.68mm	150.52mm

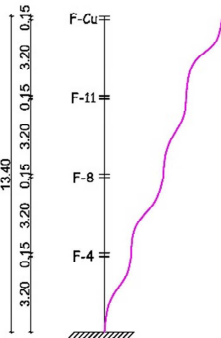

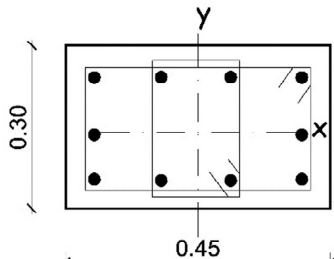
Detalle 21 Tabla de columnas. Propio.

C7		Cota	Desp. X	Desp. Y	Esquema de mov. desp. x	Esquema de mov. desp. y
DESPLAZAMIENTOS	Cimentación	0.00	0.00	0.00		
	Forjado 4	3.33	11.30mm	49.80 mm		
	Forjado 8	6.73	24.96mm	111.95mm		
	Forjado 11	9.90	34.68mm	153.71mm		
						

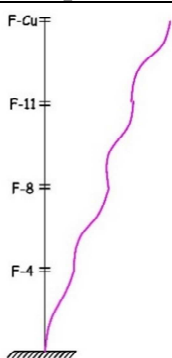
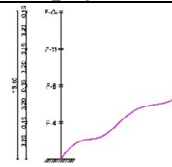
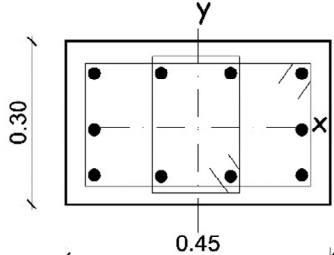
Detalle 22 Tabla de columnas. Propio.

C16		Cota	Desp. X	Desp. Y	Esquema de mov. desp. x	Esquema de mov. desp. y
DESPLAZAMIENTOS	Cimentación	0.00	0.00	0.00		
	Forjado 4	3.33	11.56mm	49.80 mm		
	Forjado 8	6.73	25.54mm	111.95mm		
	Forjado 11	9.90	35.41mm	153.71mm		
						

Detalle 23 Tabla de columnas. Propio.

C20		Cota	Desp. X	Desp. Y	Esquema de mov. desp. x	Esquema de mov. desp. y
DESPLAZAMIENTOS	Cimentación	0.00	0.00	0.00		
	Forjado 4	3.33	11.30mm	49.80 mm		
	Forjado 8	6.73	24.96mm	111.95mm		
	Forjado 11	9.90	34.68mm	153.71mm		
	Cubierta	13.30	49.78mm	199.24mm		
						

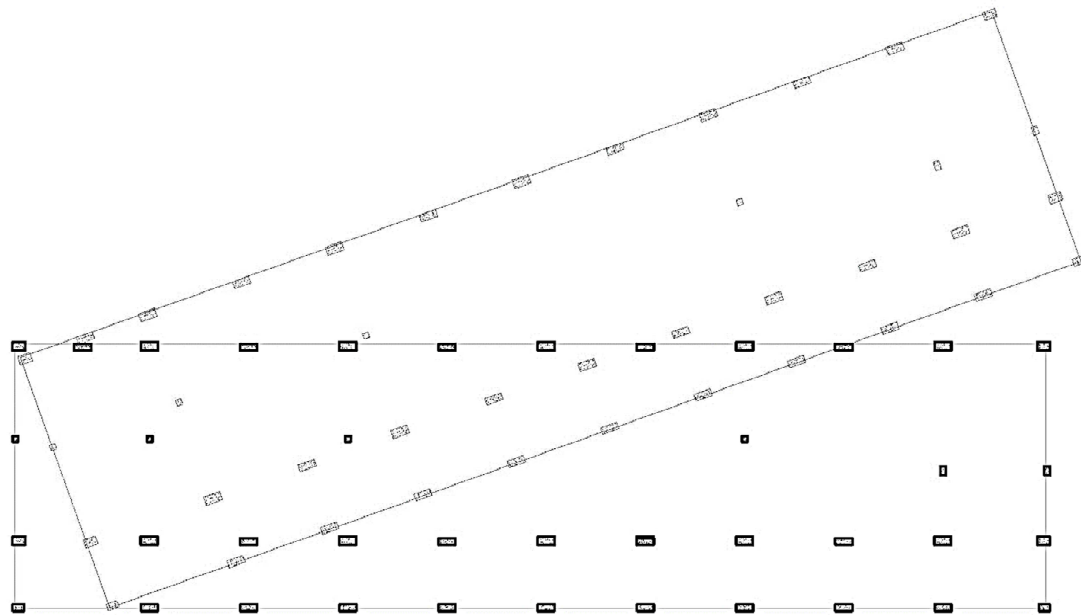
Detalle 24 Tabla de columnas. Propio.

C21		Cota	Desp. X	Desp. Y	Esquema de mov. desp. x	Esquema de mov. desp. y
DESPLAZAMIENTOS	Cimentación	0.00	0.00	0.00		
	Forjado 4	3.33	11.56mm	49.80 mm		
	Forjado 8	6.73	25.54mm	111.95mm		
	Forjado 11	9.90	35.41mm	153.71mm		
	Cubierta	13.30	50.13mm	199.24mm		
						

Detalle 25 Tabla de columnas. Propio.

Podemos notar en los esquemas de movimiento que las columnas C2, C7y C20 hay un desplazamiento constante en dirección del eje X, mientras aumenta el desplazamiento considerablemente en el eje Y.

Para las columnas inferiores: C1, C16, C21, los desplazamientos en el eje X son constantes, mientras que en el eje Y van aumentando considerablemente.



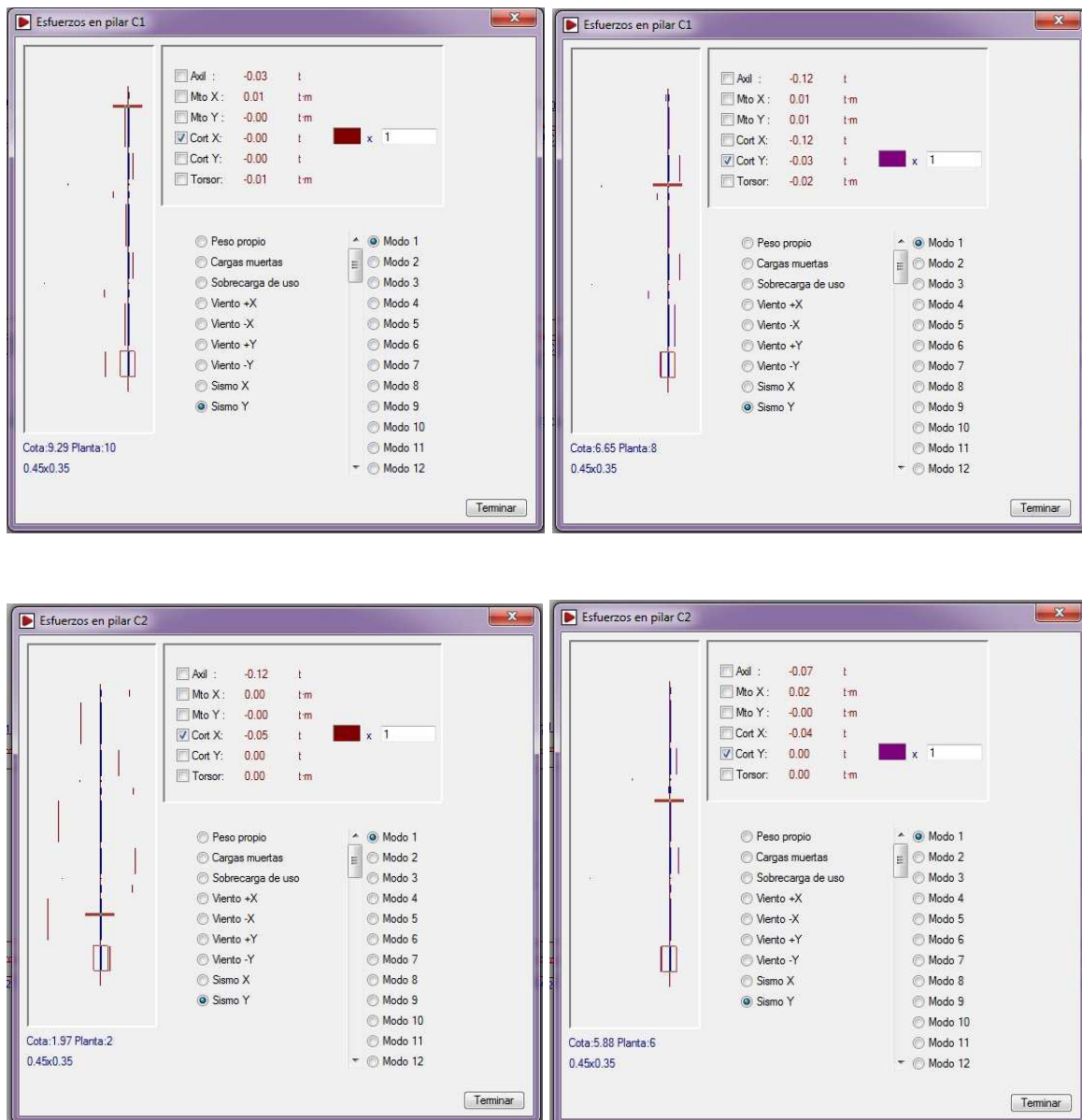
Ilust 31 Desplazamiento de planta dirección Y. Propio

Esquema de movimiento en planta de todas las columnas.

Se aprecia el desplazamiento en el eje Y de todas las columnas, los valores aumentan por nivel, siendo expresado en el esquema el desplazamiento máximo de la planta de cubierta.

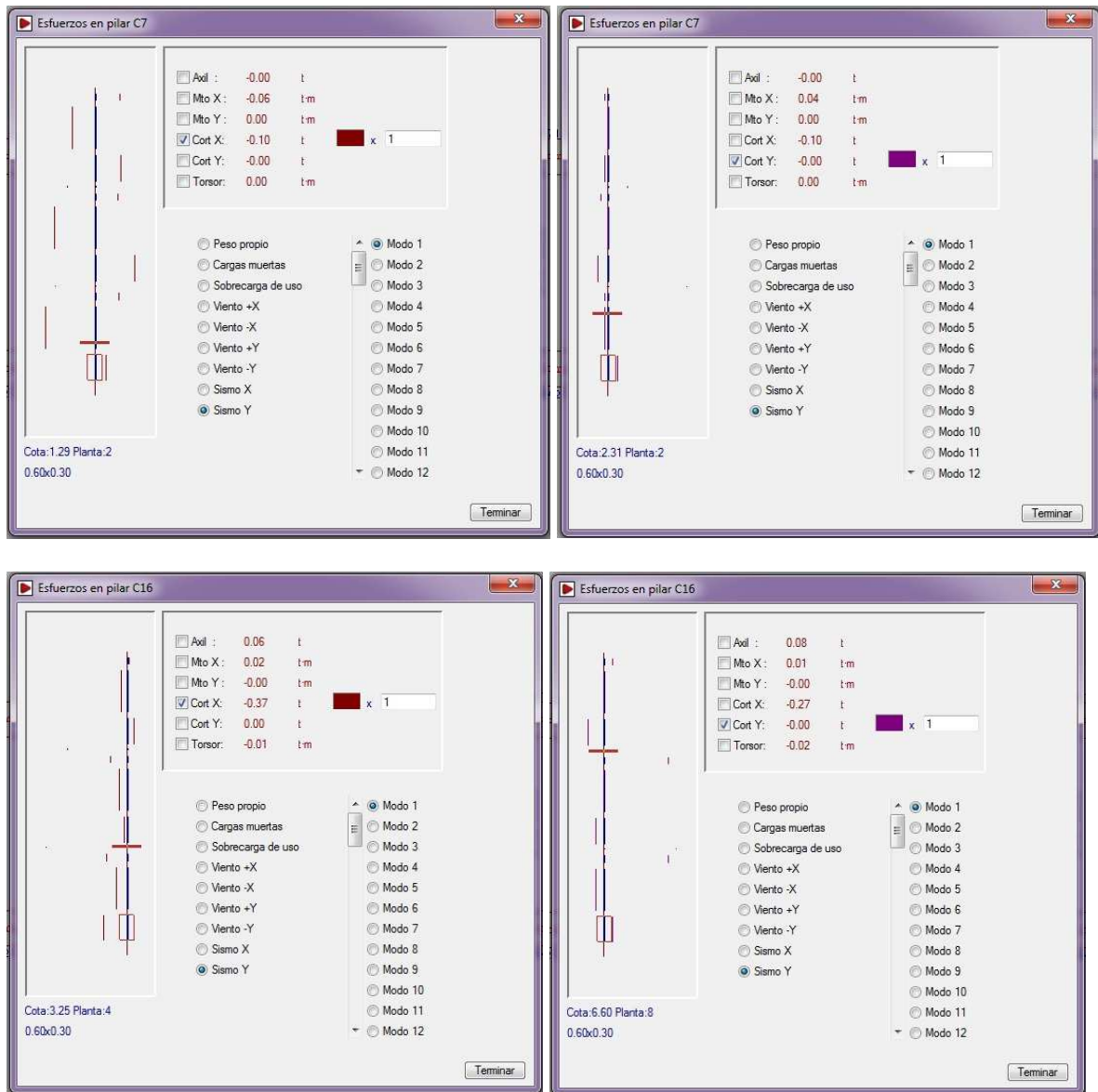
3.2.3.3.3. Análisis de cortantes en las columnas

Los siguientes gráficos muestran los esfuerzos de cortante de los pilares considerados, visualizando sus diferencias en la dirección X y la dirección Y. tomamos el modo 1 de sismo con dirección Y, que parece ser el modo en el que los cortantes son máximos.



ANÁLISIS DE DAÑOS ESTRUCTURALES CAUSADOS POR SISMOS EN ESCUELAS PÚBLICAS DE REP. DOM. |

Reparación y propuesta de mejora de elementos estructurales de hormigón armado antes y después de un sismo



ANÁLISIS DE DAÑOS ESTRUCTURALES CAUSADOS POR SISMOS EN ESCUELAS PÚBLICAS DE REP. DOM. |

Reparación y propuesta de mejora de elementos estructurales de hormigón armado antes y después de un sismo



Detalle 26 Esfuerzos en pilar. Propio.

Los esquemas de cortantes muestran para las columnas C1, C2, C7, C16 y C20, el mayor cortante se produce en la base, en el eje X de un sismo en Y, el pilar realiza mayor esfuerzo contrarrestando la fuerza del sismo.

En los esquemas de cortantes en las columnas C1, C2, y C16, el mayor cortante se genera en los arranques de los pilares, en el eje Y de un sismo en Y, teniendo más valor el cortante del 3er nivel y disminuyendo hasta llegar al cortante del pilar de la base en el 1er nivel.

En la dirección del eje Y se empieza a ver la torsión de la edificación con referencia a los desplazamientos en este punto.



3.3 Conclusiones

Las escuelas del sector público pueden ser de modulación distinta, ya dependiendo del nivel adquisitivo de la zona, de igual forma en que se hace con el material de construcción para formar el módulo de la entidad.

En los años 1900 las escuelas se conocían por sus cubiertas metálicas a dos aguas, más adelante la cubierta era de hormigón armado a dos aguas, así fue evolucionando hasta que se diseñan como cubiertas planas e incrementando el número de aulas conforme a la demanda.

En el país ha habido muchos movimientos telúricos que han permitido recoger información sobre el comportamiento de las estructuras escolares, la evolución del sistema según las lecciones de las entidades ha sido lenta, pues existen las mismas configuraciones estructurales desde hace más de 30 años mientras las afecciones persisten. Con el reconocimiento de zonas sísmicas se ha editado las reglamentaciones sísmicas del Ministerio de Obras Públicas y Comunicación con mejoras en el diseño estructural haciendo que la edificación sea más estable y se produzca el menor daño posible, este hecho separado de la baja calidad en ejecución y la pobre supervisión de obra en donde se violan muchos aspectos importante que disminuyen la resistencia de la edificación.

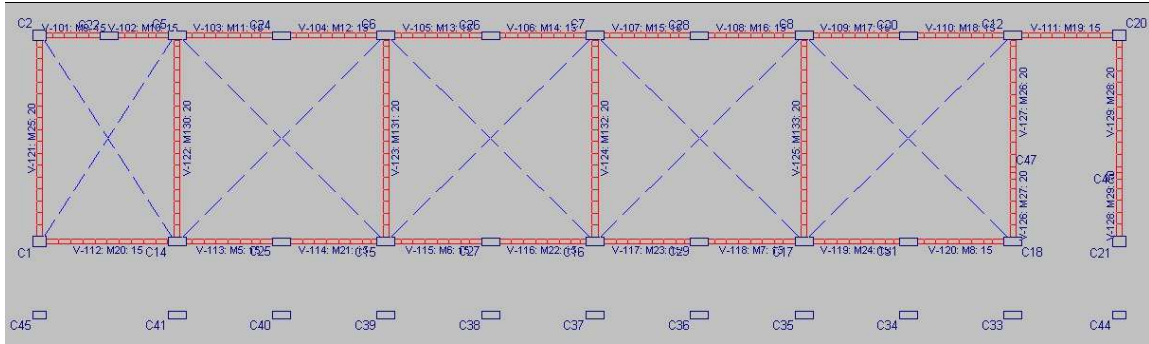
Diversas entidades gubernamentales tienen la responsabilidad de velar por que las instalaciones escolares de la República Dominicana estén en buen estado y aptas para ser ocupadas por los estudiantes. El Ministerio de Educación (MINERD), el Colegio Dominicano de Ingenieros, Arquitectos y Agrimensores (CODIA), el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) y la Oficina Nacional de Evaluación Sísmica y Vulnerabilidad de Infraestructura y Edificaciones (Onesvie), evalúan las estructuras como parte del mantenimiento de los planteles escolares, dictan de su estado categorizándolas aptos o no para continuar con la labor de clases.

A mediados del 2009 se produce el concurso Mi escuela bonita y funcional del Ministerio de Educación en donde se plantearon propuestas diferentes al modelo de escuelas existentes, estos modelos con una visión contemporánea. Esta nueva propuesta separa el sistema estructural del sistema de cerramiento, dándole mayor libertad a las columnas para su movimiento y que no sean trancadas por los muros sanitarios. De esta forma se plantea que los muros de cerramientos trabajen de forma independiente a la estructura, evitando en este, agrietamiento por cortante al igual que en las columnas.

3.3.1 Conclusión del análisis

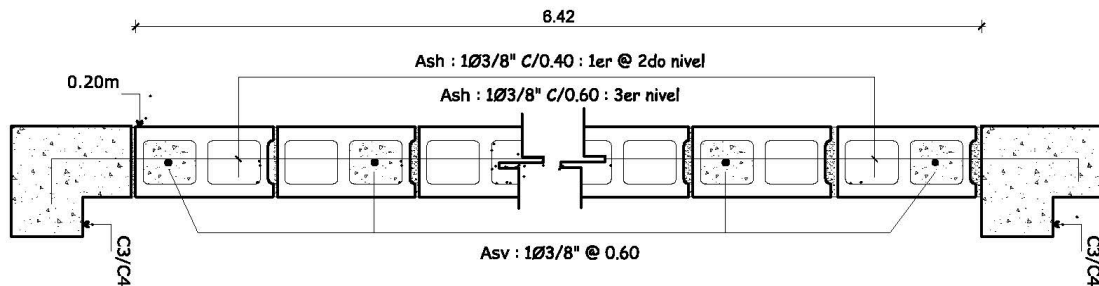
De acuerdo al análisis realizado los desplazamientos máximos entre pilares desde la cota 0.00 hasta la cota 13.30, denota una diferencia entre los desplazamientos de los pilares de una estructura de pórticos de hormigón sin muros de cerramientos y una estructura de pórticos de hormigón con muros de cerramientos, donde el mayor desplazamiento se realiza en la estructura de pórtico de hormigón sin muros de cerramientos. En el eje X los desplazamientos son reducidos con respecto al eje Y.

Los muros de cerramiento sobre la estructura porticada ayudan a que esta se oponga a los movimientos horizontales, generando cortantes en las columnas y provocando daños en los muros, que según nos muestran los resultados de Cyte, vemos que no son lo suficientemente rígidos y fallan.



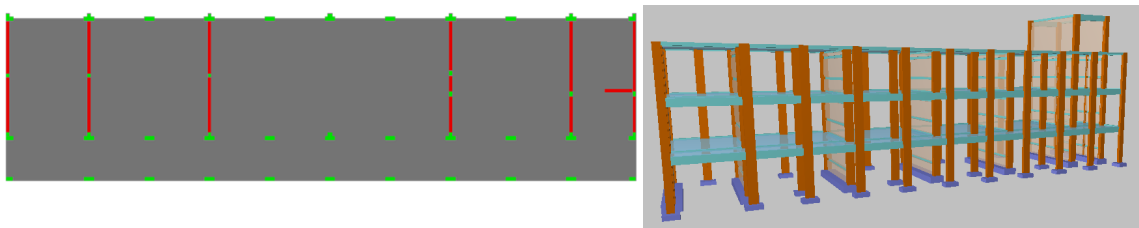
Ilust 32 Planta estructural modelo Cyte, Muros afectados. Propio.

Detalles de muros sismo-resistentes



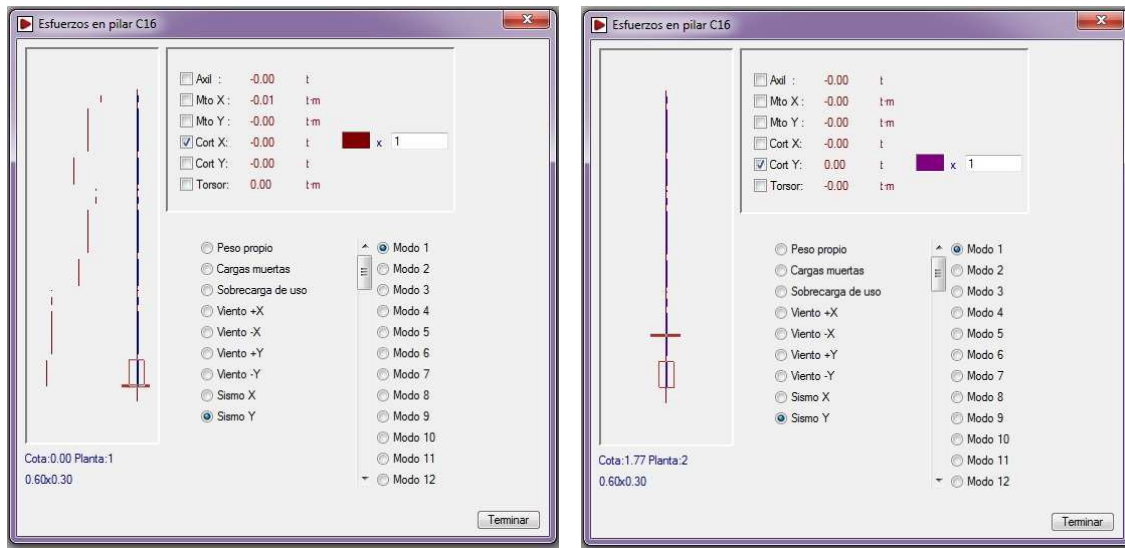
Detalle 27 Muro estructural. MOPC

El muro estructural está conformado por bastones verticales cada 0.80m, esta adosado a la columna para contrarrestar las fuerzas horizontales en una dirección provocada por el sismo. Así mismo estos muros sirven como divisores de espacios.



Ilust 33 Muros divisorios. Propio.

Los muros estructurales divisorios están dispuestos en un plano lo que restringe el desplazamiento en una dirección, pero en la otra queda totalmente libre, por lo que la estructura representa cortantes en la dirección X.



Detalle 28 Esfuerzos en pilares. Propio.

Para este caso, en particular, de este tipo de modelo, aplicar lo que dice el reglamento, poner muros estructurales ortogonales (x,y) que soporten las fuerzas laterales ocasionadas por el sismo, capítulo II del R-001.

En la **tabla....** Los valores de desplazamientos nos indicarán la dimensión de las juntas sísmicas. Para ello desarrollaremos la fórmula de la distorsión horizontal del piso Θ_{sk} , que está dada por el cociente entre la deformación lateral relativa δ_k de dos niveles consecutivos y la distancia que los separa h_{sk} , esto es:

$$\Theta_{sk} = \frac{\Delta_{sk} = \delta_k - \delta_{k-1}}{h_{sk}}$$

La ductilidad está incluida en el valor del desplazamiento suministrado por Cype.

Valor del desplazamiento máximo por piso.

Dirección X.

Nivel	Cota	h_{sk} (m)	δ_k (mm)	$\Delta_{sk} = \delta_k - \delta_{k-1}$	Θ_{sk}
Cubierta	13.30	3.2	10.17	1.68 (0.00168)	0.00052m
Forjado 11	9.90	3.2	8.49	1.67 (0.00167)	0.00052m
Forjado 8	6.73	3.2	6.82	3.21 (0.00321)	0.00100m
Forjado 4	3.30	3.2	3.61	3.61 (0.00364)	0.00113m

Tabla 6 Desplazamiento de la estructura por nivel. Propio

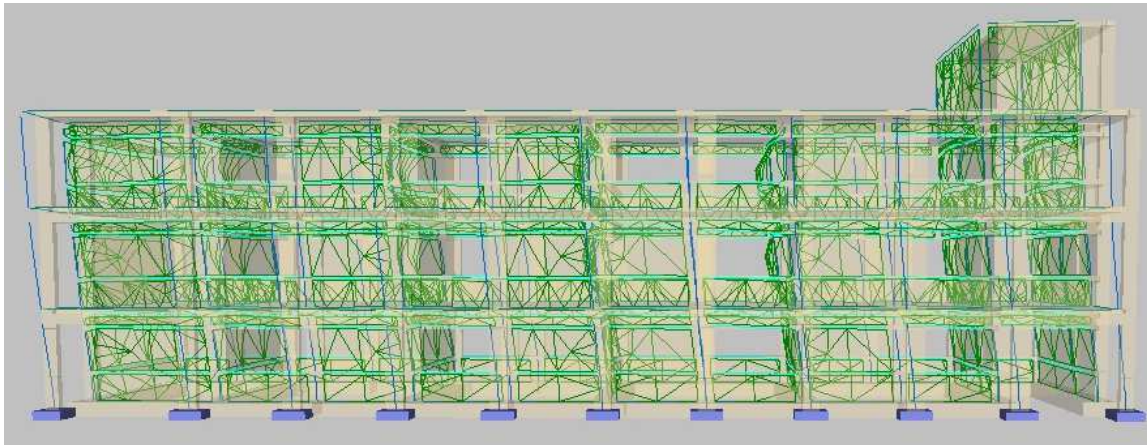
Dirección Y

Nivel	Cota	h_{sk} (m)	δ_k (mm)	$\Delta_{sk} = \delta_k - \delta_{k-1}$	Θ_{sk}
Cubierta	13.30	3.2	10.01	1.55 (0.00155)	0.00046m
Forjado 11	9.90	3.2	8.46	1.9 (0.0019)	0.00059m
Forjado 8	6.73	3.2	6.56	3.22 (0.00322)	0.00100m
Forjado 4	3.30	3.2	3.34	3.34 (0.00334)	0.00104m

Tabla 7 Desplazamiento de la estructura por nivel. Propio

Estos desplazamientos relativos cumplen con los asignados en el artículo 72, del capítulo VII del R-001, que habla del desplazamiento máximo permitido.

Artículo 72: El desplazamiento relativo entre dos puntos, situados en una misma vertical, separados por una distancia “h”,..., no será mayor que 0.008 h para edificios cuyos sistemas estructurales correspondan con los descritos en el artículo 23 (A, B y C). Deberá verificar el desplazamiento total del edificio, a partir de la base, no será mayor que 0.008 H.



Ilust 34 Desplazamiento total del edificio. Propio.

La junta sísmica convirtiendo a cm el mayor valor de la tabla de los desplazamientos de las columnas sin muros, el valor de 0.05 m nos queda como el dimensionamiento adecuado para la junta constructiva.



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUNA
ESCUELA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE BARCELONA

ANÁLISIS DE DAÑOS ESTRUCTURALES CAUSADOS POR SISMOS EN ESCUELAS PÚBLICAS DE REP. DOM. |

Reparación y propuesta de mejora de elementos estructurales de hormigón armado antes y después de un sismo

CAPÍTULO 4. DAÑOS Y CAUSAS DEL SISMO EN LA ESTRUCTURA ESCOLAR.

4.1 Identificación de daños

La respuesta del sistema estructural ante un sismo depende de la configuración de sus componentes. La presencia de lesiones evidentes nos muestran los fallos que tienen las edificaciones desde su concepción.

Observamos los daños presentados en algunas entidades escolares escogidas al azar después de la ocurrencia de un sismo:

- Columna corta
- Rotura en columna
- Rotura de viga
- Rotura de muro
- Colapso de estructura

El fenómeno de columnas cortas es la lesión común en las entidades, la tensión a la que es sometida provoca roturas por cortante. Todos estos factores nos revelan la deficiencia en el diseño.

4.1.1 Rotura de columna

La estructura de algunas de las escuelas presenta el fenómeno de columnas cortas. La columna rompe a cortante donde se generan las tensiones que produce el corte, como vemos en la il. 35 e il. 36, el corte se produce en la columna entre los vanos de ventana.



Ilust 35 Columna corta. Escuela José Dubeau Puerto Plata



Ilust 36 Columna corta. San Marcos, Puerto Plata 2003

4.1.1.1 Rotura en cabeza de columna

La tensión máxima en la columna se genera en el nudo rígido, (unión entre la columna y la jácena). La columna rompe a cortante y produce el desgarre del hormigón y pérdida de plasticidad del acero, en el espacio entre vanos, como vemos en la il. 37 e il. 38.



Ilust 37 Grieta en cabeza de columna. Colegio Emma Balaguer, terremoto 2007 M.7



Ilust 38 Rotura en cabeza de columna. La Reforma.

4.1.2 Rotura en muro

En las figuras siguientes muestran el fallo del muro por cortante, en la il. 39 falta de armadura y las cámaras de los bloques no están armadas, de igual forma se logra ver un cortante en la columna que enmarca el muro.

En la il.40 se produce cortante por aplastamiento, la tensión que genera el segundo nivel a los elementos del primero que hace que estos fallen.



Ilust 39 Rotura en muro.



Ilust 40 Rotura en muro



Ilust 41 Problema de grietas en muro. Escuela María Concepción Gómez.

En la il. 41 el muro falla por donde tiene menor sección.

4.1.3 Rotura de viga a 45°

Presencia de grieta a 45° en el extremo de la viga, a una distancia menor del 20% de la longitud del vano.



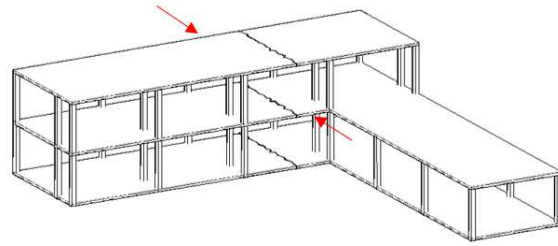
Ilust 42 El Liceo José Dubeau, Puerto Plata. Sismo M-6.5 el 22 Sept. 2003.

4.1.4 Rotura general en planta

Hay que tener en cuenta para edificar en zonas sísmicas la simetría del conjunto de elementos, la distribución de los muros es importante que sea equitativa en el diseño, tanto en planta como en elevación, equilibrando el peso, evitando los momentos torsor.



Ilust 43 Rotura de junta. Escuela La Reforma



Ilust 44 Rotura por asimetría

La rotura de una posible junta de expansión que se da en la unión de un módulo de dos niveles con un módulo lateral de un nivel, los elementos estructurales allí concentrados proporcionan una zona más rígida que comparten los dos módulos.

4.1.5 Colapso general

En las ilustraciones siguientes se muestra como la escuela colapsa al fallar parte de sus estructuras inferiores aplastando el nivel inferior. Después de severas lesiones en sus partes a causa de los movimientos sísmicos la estructura no puede mantener su estabilidad y se desploma.



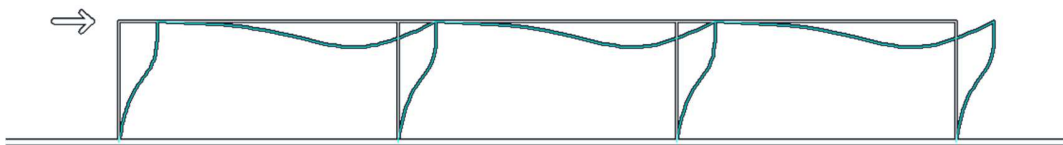


Ilust 45 Desplome de escuela Gregorio Gilbert Urbano, La Reforma

4.2 Causas de daños en la estructura

4.2.1 Rotura en columna

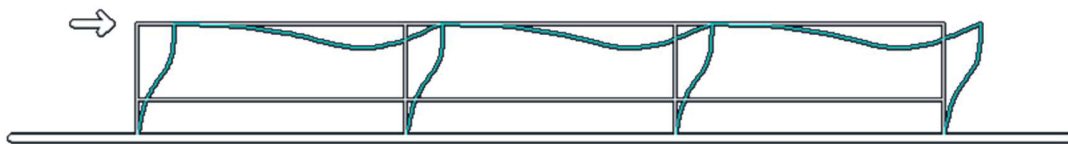
La estructura en una zona sísmica debe de tener el espacio necesario para el desplazamiento libre de los elementos.



Detalle 29 Esquema de movimiento libre de la estructura

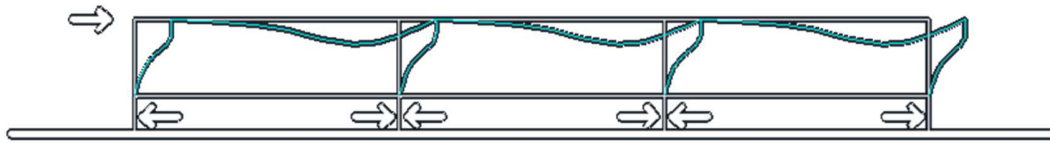
“Las escuela sufren de fenómeno de columnas cortas”, Ing. Leonardo Reyes Madera,

Al conectar el muro sanitario con la columna, este la cautiva acortando su longitud por tanto la columna pierde libertad de movimiento.



Detalle 30 Esquema de movimiento de columnas con muro sanitario, propio del autor

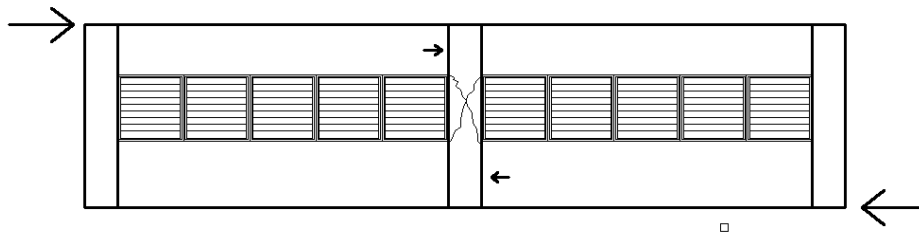
Como muestra el detalle 30 el movimiento tendría que producirse libremente pero por el solape del muro sanitario con la columna, el movimiento se restringe.



Detalle 31 Esquema de movimiento, propio del autor

El detalle 31 Nos muestra como el muro sanitario es solapado con las columnas poniendo retención a la misma para su libre movimiento, cautivándola, haciendo que su longitud disminuya y al no poder absorber la fuerza, esta padece ante un sismo.

Haciendo referencia al esquema det. 32, el fenómeno de columnas cortas podría ser la causa de que el corte en la columna se produjera en el espacio que tiene libre, donde van los vanos de ventana. El esfuerzo horizontal en dirección contraria hace que el pilar en su sección libre corte los esfuerzos produciendo grietas. Se aprecia como los muros de media altura trancan la columna impidiendo que esta se mueva desde su base, lo que el movimiento que intenta producirse desde los extremos de la columna, se producen en su centro porque solo este no está restringido por los muros.

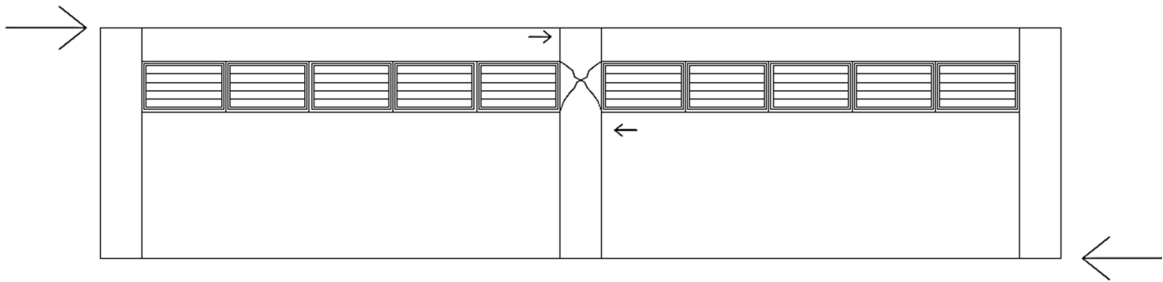


Detalle 32 Rotura de columna. Propio.

4.2.1.1 Rotura en cabeza de columna

Los esfuerzos horizontales son trancados por los muros sanitarios que tienen más de $\frac{1}{3}$ de la altura del muro lo que deja libre la cabeza del pilar donde se producen los movimientos, este al estar conectado con un nudo de rigidez, la rotura por cortante se produce en el tramo libre de la columna.

El muro esta solapado a la columna trancando el movimiento de estas, haciendo que solo la parte superior trabaje, sumándole la resistencia del nodo, los esfuerzos de cortantes en direcciones opuestas hacen fallar la cabeza del pilar, causando las fracturas en el elemento (ver det. 33).

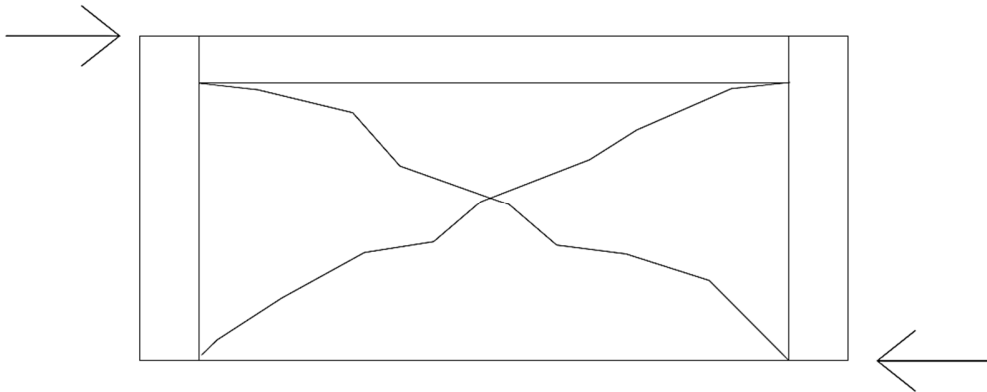


Detalle 33 Rotura de cabeza de columna. Propio.

El corte en la cabeza de columna pudiera también ser combinado con un aplastamiento.

4.2.2 Rotura en muro

Las fuerzas de los empujes horizontales le adicionan una carga al muro que este no puede soportar. El muro rompe cuando esta cautivado por los elementos estructurales, estos le provocan a fallo por cortante, al no resistir las tensiones recibidas. (Ver il.34).



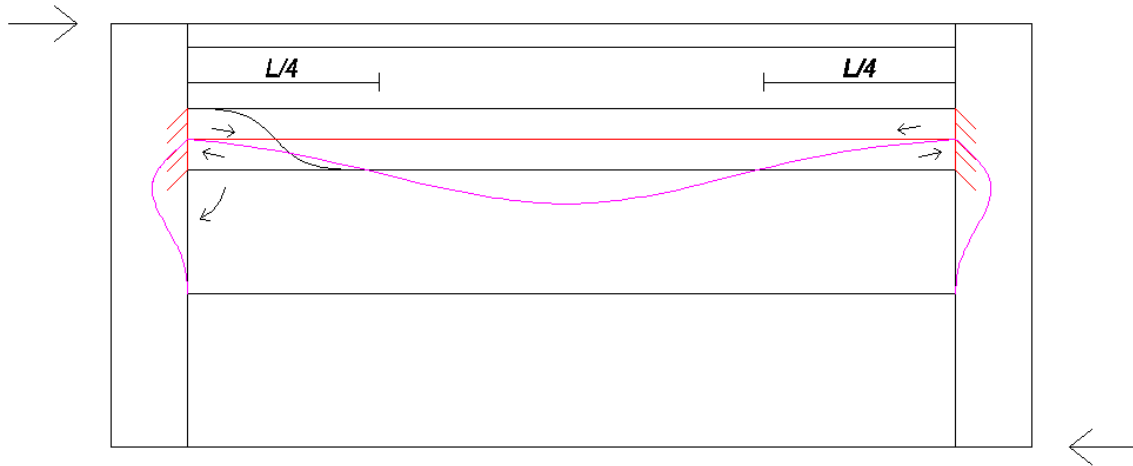
Detalle 34 rotura de muro. Propio.

Existen varias posibles causas para que el muro haya cedido de esa manera:

- El muro puede presentar esfuerzos de cortante cuando no está diseñado para soportar cargas, pero que en la obra se solapa a los elementos estructurales, formando así parte del sistema estructural, el estar solapado a la estructura sin presencia de juntas que permita desplazarse independientemente, al momento que se producen los esfuerzos horizontales, colapsa dejando así a la vista la deficiencia en el diseño o en la ejecución.
- Las columnas no tienen espacio para su libre movimiento lo que los esfuerzos horizontales de los pilares agregan empuje al muro y este no resiste.

4.2.3 Rotura de viga 45°

La viga trabaja a flexión, teniendo su resistencia al corte en los extremos, lo que indica que en el det.35, la viga carece de aceros que impidan el momento negativo, lo que ha derivado la fisura.



Detalle 35 Rotura de viga a 45 grados. Propio.

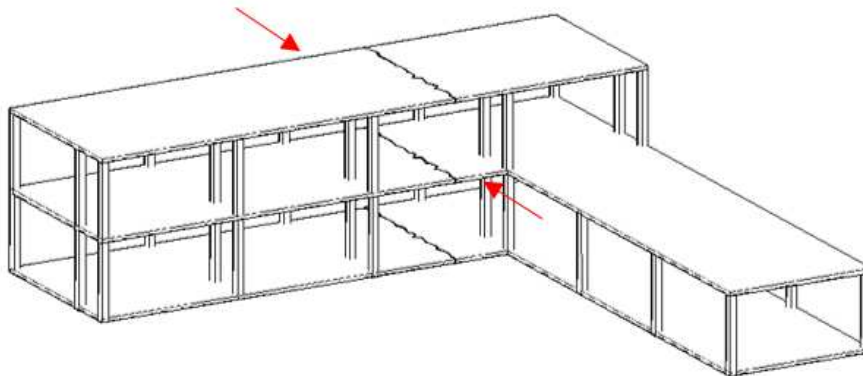
La falta de estribos de confinamiento o la distribución de estos pudo haber sido la causa principal de que se produjera la rotura en la viga. Se necesita un diseño que dé una fuerza máxima de cortante a una distancia $L/4$, que den respuestas a las solicitaciones de los esfuerzos.

La rotura a 45° se da por la inversión de momentos.

4.2.4 Rotura general en planta

En el ejemplo de la escuela Gregorio Urbano Gilbert en su planta tiene una geometría en forma de L, donde en un módulo predominan más elementos estructurales que en otro, ver il. 46.

En la planta el primer nivel tiene un módulo de 2 bloques y el segundo nivel tiene una módulo de 1 bloque, lo que motiva a una rotura por geometría, pues en un módulo hay mayor peso, que quiere decir, mayor resistencia a los movimiento, mientras que el otro módulo su movimiento es más libre, además de que están unidos por los mismo elementos estructurales desde el primer nivel hasta el 2do provocando una rotura por torsión en planta que posiblemente provocase el agrietamiento de una posible junta de los forjados, añadiéndole una carga a los pórticos primarios.

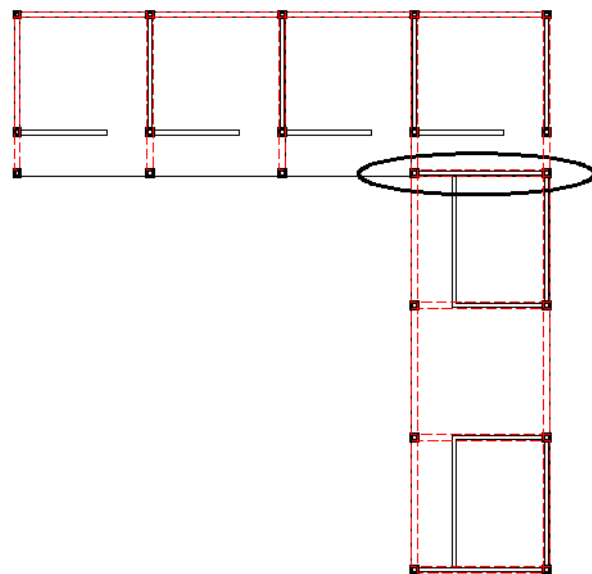


Ilust 46 Asimetría del edificio, rotura de junta. Propio.

También está la posibilidad de sobredimensionamiento de los forjados y sección pequeña en las columnas por lo que las columnas no resistieron la tensión que generaba el forjado.



Ilust 47 Sobredimensionamiento de los forjados



Ilust 48 Planta asimetría, rotura vista en planta. Propio.

La rotura por cortante se da cuando la geometría de la edificación es asimétrica y en la resistencia que hacen los elementos estructurales concentrados en un punto en donde hay mayor resistencia a los movimientos.

4.2.5 Colapso general

Para que la estructura general colapse debe darse una conjugación de factores que implica el fenómeno de columnas cortas, el sobredimensionamiento de elementos, falta de estribos, solape de cerramiento con estructura, todo esto pudo propiciar el colapso de esta edificación.



Ilust 49 Colapso de la edificación



Ilust 50 Falta de simetría por elementos estructurales

Haciendo referencia a los casos anteriores, la conjunción de todas las lesiones induce al colapso de la estructura, donde los elementos no responden al cortante, falla la estructura produciendo el colapso general de los forjados. A esto que la sección transversal de las columnas son pequeñas con relación a las solicitaciones que deben resistir.

4.3 Conclusión

Las escuelas seleccionadas muestran problemas de diseño, en donde la rotura por cortante se da por no tener en cuenta los aspectos estructurales en una zona sísmica.

Las roturas de los daños por cortante en los diferentes elementos puede deberse a múltiples factores, la acción del movimiento, la disposición de los elementos, el dimensionamiento de estos, la configuración estructural, el terreno, por lo que una de las causas ocultas por la que se produce la rotura puede arraigar una causa visible y ser la que examinemos.

De los 5,500 edificios escolares que existen en la República Dominicana 111 escuelas sufrieron daños importantes en el terremoto de Haití años 2010, para un porcentaje del 2%. Dice el Ingeniero Reyes Madera presidente de SODOSISMICA (Sociedad Dominicana de Sismología e Ingeniería Sísmica), que cada vez que hay un sismo de magnitud de 4.5 muchas de las escuelas que se agrietan.



La causa por la que se agrieten los edificios escolares principalmente es por la forma incorrecta del diseño de los elementos, o en su defecto por falta de supervisión en la ejecución.



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUNA
ESCUELA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE BARCELONA

ANÁLISIS DE DAÑOS ESTRUCTURALES CAUSADOS POR SISMOS EN ESCUELAS PÚBLICAS DE REP. DOM. |

Reparación y propuesta de mejora de elementos estructurales de hormigón armado antes y después de un sismo



CAPÍTULO 5. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL PARA LAS ESCUELAS

En la República Dominicana hay terremotos constantemente, muchos de estos son imperceptibles por la población, no obstante, se comienzan a considerar aquellos cuyos números sobrepasan el número 3 en la escala de Richter.

A esto que dependiendo la intensidad del terremoto se producirían daños en mayor o menor grado en las edificaciones.

Las lesiones aquí presentadas como ejemplos de algunas entidades educativas, pueden ser consecuencia de un sismo tras otros, lesiones que no se observaron cuando se produjeron, continuando su avance hasta que un sismo mayor las puso en evidencia.

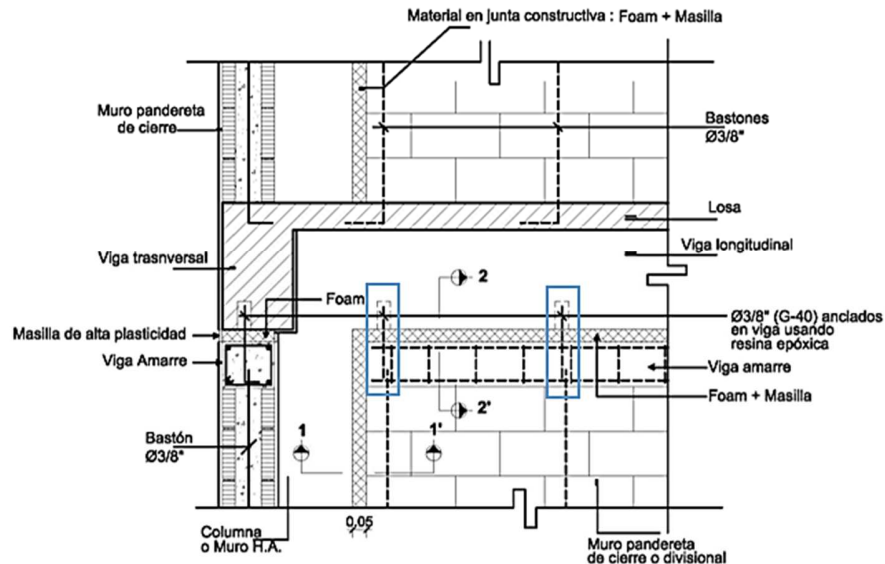
Para reparar las lesiones antes vistas se pueden emplear métodos probados de reforzamiento estructural como la técnica de las grapas, inserción de acero perpendicular a la grieta con inyección de epoxi, la integración de amortiguadores sísmicos en la estructura, disipadores de energía, cualquiera de estos métodos ayudaría al reforzamiento estructural de la edificación; hacer un estudio de elementos estructurales que garantice el confinamiento de los elementos horizontales con los verticales.

5.1 Planteamiento del MOPC para las nuevas escuelas

El problema de columnas cortas que es el más identificado en las estructuras escolares, se ha propuesto la separación de los muros de cerramientos de la estructura, en la última modificación del sistema planteado por el Ministerio de Obras Publicas y Comunicaciones, el cual consiste en aplicar un elemento blando (foam), que absorbe la energía de la fuerza del desplazamiento del elemento estructural, para ocasionar el menor daño posible al muro de cerramiento.

5.1.1. Muros de cerramientos

DETALLES EN JUNTAS CONSTRUCTIVAS ENTRE MURO-PANDERETAS Y MARCOS



Detalle 36 Junta constructiva. MOPC

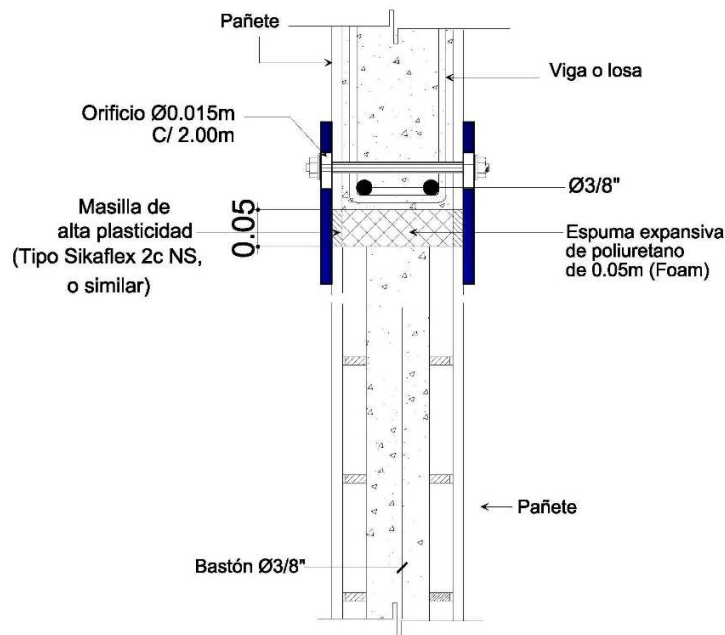
El detalle 36 muestra como el muro de cerramiento está unido a la estructura mediante un acero que va desde el zuncho del muro e intersecta con la viga, con una junta constructiva de 0.05m. Este acero es para garantizar la estabilidad del cerramiento y junto a la junta poder darle libertad de movimiento a la estructura.

Esta solución tiene como punto débil que al momento de haber transcurrido varios sismos, el acero puede sufrir fatiga y será un elemento perdido, no se podrá recuperar para ser reemplazado, esto es que el elemento ya no brinda las mismas prestaciones, pues en el próximo evento sísmológico, el acero puede llegar a romper y el muro resulta gravemente afectado.

Otra desventaja es que en ejecución no se garantiza la correcta colocación del mismo, por la mano de obra no calificada, a lo que existe la posibilidad de someter el muro de cerramiento a cargas gravitatorias.

5.2 Propuesta

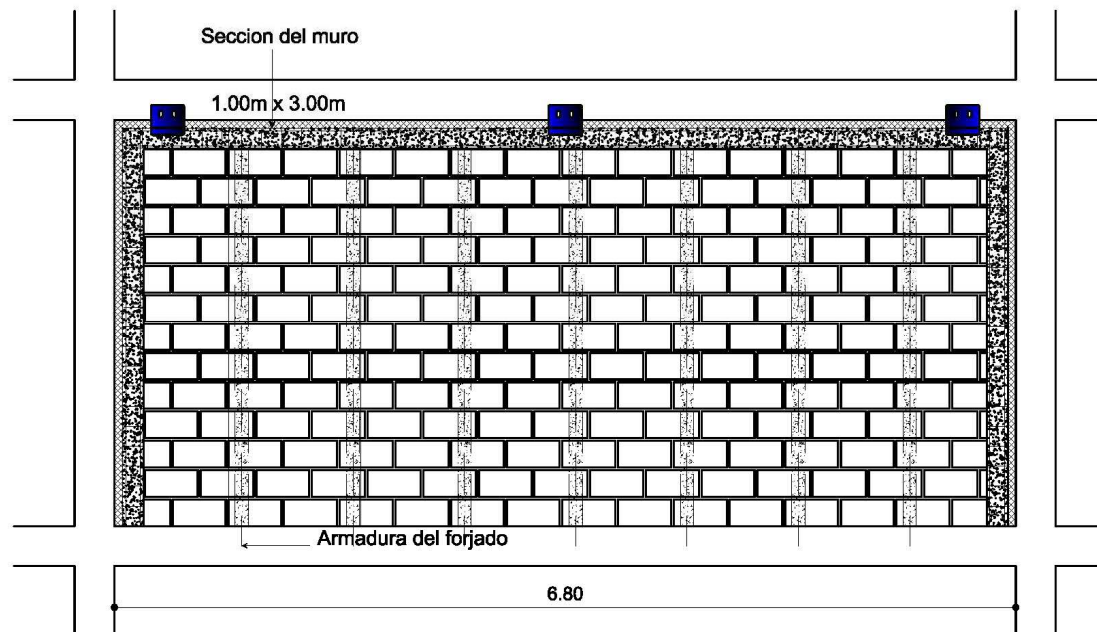
Adicional a la propuesta realizada por el MOPC, se recomienda un elemento de sujeción exterior del muro de cerramiento que sea reemplazable cuando este quede dañado, que pueda ser cambiado por uno nuevo que tenga las propiedades mecánicas que respondan las solicitaciones, además daría mayor confianza de la aplicación en la ejecución de obra.



Detalle 37 Encuentro de muro de cerramiento y viga. Propio.

La placa metálica está diseñada para absorber los desplazamientos en la dirección Y, la det. 38 muestra una estructura ya existente que será rehabilitada mejorando sus condiciones estructurales que le permitirán prevalecer por más tiempo.

La unión entre el muro y la estructura será una placa metálica de 0.25m x 0.30m, que permitirá el movimiento horizontal del muro independientemente de los desplazamientos de la estructura.



Detalle 38 Muro de cerramiento y placas metálicas (solo 3). Propio.

Para calcular la placa metálica y saber a cuales solicitaciones a las que tiene que responder, vamos a situarnos en la parte norte de la República Dominicana, donde consideraremos una sección del muro de cerramiento 1.00m x 3.00m, siendo este muro macizo sin huecos de ventanas, las armaduras verticales que se anclan con las esperas del forjado y suben todo el muro sin llegar a la viga.

Consideramos una barra que tiene un apoyo fijo y un apoyo articulado, dicha barra es sacudida por una fuerza sísmica, encontraremos cual es la fuerza que actúa sobre ella mediante el corte basal (V).

Corte basal o base shear

$$V = \frac{W \cdot S_a \cdot \gamma \cdot \zeta \cdot P_G A}{R}$$

Donde W= peso del muro

S_a= Periodo

γ= Coeficiente de importancia

ζ= Coeficiente del Suelo

P_GA= Máxima aceleración

R= Coeficiente de reducción de respuesta

Para calcular el peso del muro utilizaremos la siguiente formula:

$$W = b \cdot h \cdot L \cdot \text{Peso bloque}$$

$$W = (6.80) (3.00\text{m}) (0.15\text{m}) (1.8\text{ton/m}^3)$$

$$W = 5.5 \text{ ton} = 5500 \text{ kg}$$

$$W = \text{Volumen del hueco armado} \times \text{densidad del mortero}$$

$$W = (3.00 \text{ m}) (0.15\text{m}) (0.20\text{m}) (1800 \text{ kg/m}^3)$$

$$W = 162 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de la varilla } 0.5 \text{ kg}$$

$$W = 162 \text{ kg} \times 6 = 975 \text{ kg} + 5500.5 \text{ Kg}$$

$$W_t = 6475.5 \text{ kg} = 6.4755 \text{ ton} = 63.5 \text{ kn}$$

Corte basal

$$V = \frac{W \cdot S_a \cdot \gamma \cdot \zeta \cdot \text{PGA}}{R}$$

$$V = \frac{6475.5 \text{ kg} (2.5) (1) (1) (0.3)}{2}$$

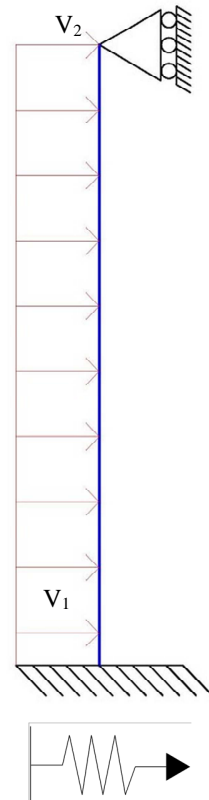
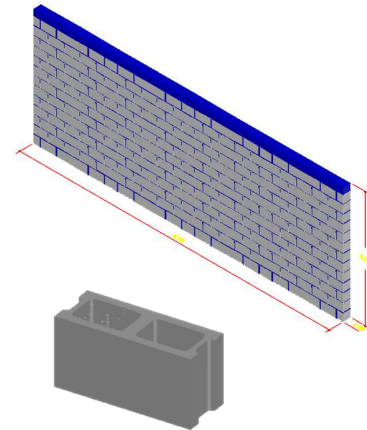
$$V = 2428 \text{ kg}$$

$$q = \frac{2V}{L} = \frac{(2) (2428 \text{ kg})}{3.00 \text{ m}} = 1618.8 \text{ kg/m}$$

$$V_1 = 1214 \text{ kg} = 11.9 \text{ KN}$$

$$V_2 = 1214 \text{ kg} = 11.9 \text{ KN}$$

$$F = 15.8 \text{ KN}$$



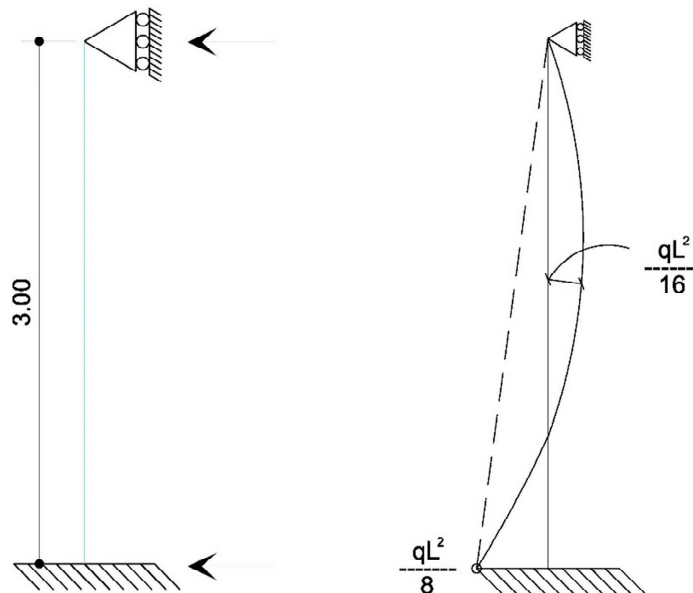
Detalle 39 Fuerza sísmica. Propio

Estas fuerzas equivalen a una representación de las fuerzas de un terremoto. Estos valores varían conforme a los niveles.

$$\text{En el nivel 2 el } V = 2428 \text{ kg} (2) = 4856 \text{ kg} = 47.62 \text{ KN}$$

$$\text{En el nivel 3 el } V = 2428 \text{ kg} (3) = 7284 \text{ kg} = 71.43 \text{ KN}$$

Se diseña un muro que pueda absorber estas fuerzas, puesto a que el resultado del análisis mostro que los muros fallan ante las fuerzas sísmicas.



el muro tiene un extremo empotrado y otro articulado, tiene un momento máximo expresado por:

$$M_{\max} = \frac{qL^2}{8} = \frac{1618\text{kg}(3.00\text{m})^2}{8} = 1820 \text{ kgm}^2 \times 1.5 = 2730 \text{ kgm}^2$$

$$M_{\min} = \frac{qL^2}{16} = \frac{1618\text{kg}(3.00\text{m})^2}{16} = 910.1 \text{ kgm}^2$$

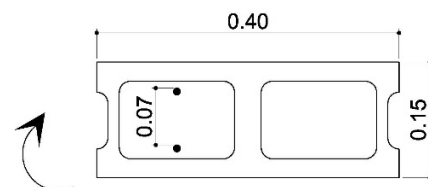
Estos momentos son los que tiene que soportar el muro aproximadamente.

Las varillas tienen que resistir una cortante de:

$$\frac{V}{\text{No. De bloques}} = \frac{2428 \text{ kg}}{15} = 161.8 \text{ kg}$$

El momento flector del bloque que esta dado por el área de acero Ø 10, limite elástico, la distancia entre barras G-40.

$$A_s(f_{y_d}) = \frac{M_d}{d}$$



$$A_s(f_{yd}) (d) = M_d$$

$$2 (0.01)(4200\text{kg/cm}^2) (0.07\text{m})=M_{rd}$$

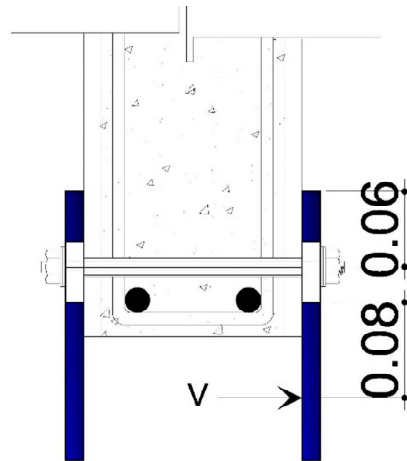
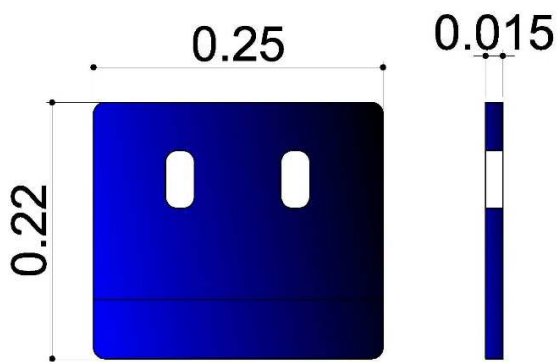
$$2 (0.01) (42000000\text{kg/m}^2) (0.07\text{m})=M_{rd}$$

$$58800 \text{ kg/m} = M_d$$

$$576 \text{ kN}$$

Se diseña un muro de 3.00m de altura con bloques armados de un redondo de 1" coronado con zuncho horizontal a 1.20m.

Para diseñar la placa metálica para soportar las fuerzas del sismo que golpea al muro, esta placa soportara el cortante de **V= 1214kg =11.9KN**



La sección de la cortante V es:

$$V = 0.25\text{m} \times 0.015\text{m} = \mathbf{0.00375\text{m}^2}$$

El cortante resistido por la placa será;

$$V_{rd} = A_v \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{rd} = 0.00375\text{m}^2 \frac{42000000\text{kg/m}^2}{\sqrt{3}}$$

$$V_{rd} = 92647.05 \text{ kg}$$

Se comprueba que el cortante basal sea menor que el cortante resistido.

$$V_{basal} < V_{rd}$$

$$1214 \text{ kg} < 92647.05 \text{ kg}$$

El momento de tensión de la placa esta dado por:

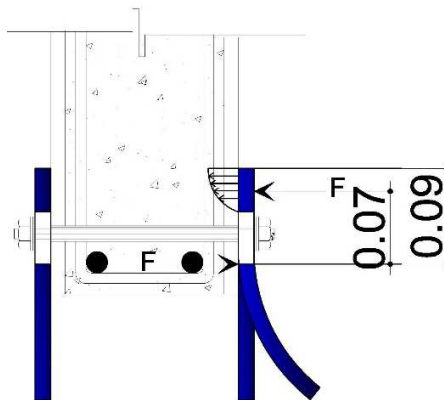
$$M_t = V \cdot d$$

$$M_t = 1214 \text{ kg} (0.08 \text{ m}) = 97.12 \text{ kg.m}$$

$$T = \frac{M}{W} = \frac{97.12 \text{ kg.m} / 3 \text{ pletinas}}{0.0000093 \text{ m}^3} = 3597037 \text{ kg/m}^2 = 3.5 \cdot 10^6 \text{ MPa}$$

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{0.25 \text{ m} (0.015 \text{ m})^2}{6} = 0.0000093 \text{ m}^3$$

La tension es menor que la maxima 275 MPa.



El cortante basal genera una tensión a la placa que hace que esta flexione, esta flexión en su extremo inferior genera un momento flector entre el pasador y el hormigón.

Este momento que resiste la placa reteniendo la flexión, esta dado por:

$$M_{ed} = F (0.8h_1)$$

Este momento requiere una fuerza mayor que el cortante basal, para contrarrestar la flexión.



$$\frac{32.37 \text{ kg/m}}{(0.8) (0.09\text{m}))} = F$$

$$F = 462 \text{ kg}$$

Area del pasador

$$A_s = \frac{F (0.8h_1)}{f_y}$$

$$A_s = \frac{462 \text{ kg/m} (0.07\text{m})}{42000000 \text{ kg/m}^2} = \mathbf{0.00001}$$

Area de aplastamiento

$$0.8h_1 (0.25\text{m}) = \mathbf{0.01\text{m}}$$

$$0.8h_1 (b) (f_c) > F$$

$$0.01 (21000000 \text{ kg/m}^2) > F$$

$$\mathbf{36750 \text{ kg/m}^2 > 462 \text{ kg/m}}$$



5.2 Conclusión

La rotura por cortante se produce por unas fuerzas horizontales que no son bien soportadas por la estructura, y esta falla. La tensión a la que son sometidos los elementos que trabajan a tracción proporcionando a estos un esfuerzo mayor para el que no fue diseñado, hace que la estructura lesione provocando el agrietamiento del elemento.

La diferencia entre el modelo anterior y el nuevo modelo es la inserción del foam como separador entre la estructura y el muro de cerramiento, pero al pañetar se coloca este en el muro hasta poner en contacto con los elementos estructurales, agregándoles resistencias al movimiento horizontal, así vemos los daños y causas de las lesiones.

Existen distintas manera de solventar un problema estructural, una solución puede servir para mejorar la condición de varios elementos por lo que estas propuestas no son únicas.

La propuesta aquí planteada es asegurar la verticalidad de la estructura dejando que esta sea libre al movimiento, no solo separarla con foam sino también dándole holgura al sistema para que cumpla con el desplazamiento sin de alguna manera, transferirle cargas al muro de cerramiento así lograr su independencia y resistencia al corte.



CAPÍTULO 6. CONCLUSIÓN GENERAL

6.1 Conclusión general

Se ha avanzado en el desarrollo de resolver los problemas estructurales de planteles educativos en zonas sísmicas, desde 1979, desde donde se concebían los esquemas estructurales de las escuelas sin previsión a un terreno sísmico por ser un modelo adoptado de USA y que en aquellos tiempos no contaban con sismos de gran magnitud por lo que nuestras escuelas aún persisten en este modelo sin adecuarlo a las zonas sísmicas.

Con la creación del nuevo Reglamento para el Análisis y el Diseño Sísmico de Estructuras con vigencia el 1 de agosto del 2011, se ha intentado aplicar a las nuevas estructuras los requisitos sísmicos convenientes para una edificación más segura. Estos diseños muchas veces son metódicos que la hora de la ejecución se interrumpe haciendo así una construcción igual en condición que la que se hacían años atrás.

Es por ello que muchas de las nuevas edificaciones construidas desde el 2012 en lo adelante, seguirán sufriendo ante la presencia de un sismo importante, pues ya no por falta de conocimientos o reglamentos, sino más bien por intereses económicos, o por contratación de mano de obra inexperta, sumando a esto la licitación pública de ejecución de obra de las escuelas en manos de profesionales recién egresados de las universidades, quienes pudieran tener escasa conciencia de estructuras sísmica, tratando más bien así la ejecución como un edificación más, restando importancia al sentido de refugio después de una catástrofe de cualquier magnitud.

El Presidente de gobierno se puso como meta la construcción de 29,000 aulas para el 2016, de las cuales lleva construidas inauguradas más de 10 mil según su memoria de gobierno (27/02/2014), en donde expertos han hecho investigación de la condición algunos de los planteles y algunas de estas ya se les ven grietas superficiales y derrumbes de verja perimetral entre otros casos.

Por lo antes expuesto, es cierto que el país necesita más planteles educativos para satisfacer la demanda de la población, pero no se está mirando las necesidades de los antiguos planteles que tienen problemas constructivos, aquellos en los que no se puede dar clases por orificios en la cubierta metálica o aquellos que ya vemos que no resisten un sismo significativo. Es por ello que se debería de invertir también en la restauración de muchas de las escuelas, de no hacerlo, seguiremos perdiendo cantidades de planteles, con posibilidad de perder vidas humanas ante el desplome de un edificio.

La República Dominicana tiene reglamentos que dictan de una correcta concepción de diseño estructural de los planteles educativos, vemos en obra en construcción que los planos no cumplen con los requerimientos sísmico alterando así el diseño presentado a la MOPC, no obstante la propuesta del Ministerio de separación del sistema de pórtico con los muros de cerramiento, empleando así el foam como aislante sísmico, no ha ocurrido ningún sismo de importancia para ver la validez del sistema ante un movimiento, por ello es que propongo



para mayor fiabilidad la unión metálica entre el sistema estructural y el cerramiento, pues por donde falle, este elemento permitirá el desplazamiento horizontal de toda la estructura y mantendrá la verticalidad del muro de cerramiento. El dimensionamiento del elemento metálico está dado por la comprobación del desplazamiento del elemento estructural mediante el análisis modal realizado en Cype.

Como se ha de constatar, los profesionales no se preocupan por velar que la construcción se haga sismo resistente, sino que se pueda llevar a cabo y “con buena terminación”, sin preocuparse por llevar a cabalidad las indicaciones de los planos, o en su defecto, hacer una edificación con conciencia sismo resistente para evitar daños mayores.

ANEXOS

Junta Expansiva: masilla plástica de alta plasticidad

Sikaflex 2c NS

Se aplica a juntas de profundidad de 6mm (1/4”), estas juntas pueden ser horizontal o vertical, bajo agua o al exterior.



Las ventajas que proporciona le Sikaflex

- Capaz de absorber movimientos de expansión y contracciones de +- 50%
- Se puede elaborar juntas de 12mm de profundidad
- Alta elasticidad con una consistencia flexible, firme y durable
- Alta resistencia al corte y al desgarramiento
- Mantiene consistencia autonivelante inclusive en juntas anchas
- Se puede pintar

Es importante tener en cuenta para el buen funcionamiento del producto;

- Que la junta debe de estar bien diseñada
- Que no cura al contacto con las siliconas
- Evitar el contacto con el alcohol y otros solventes durante el curado
- Dejar curar por 3 días



BIBLIOGRAFÍA



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUNA
ESCUELA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE BARCELONA

ANÁLISIS DE DAÑOS ESTRUCTURALES CAUSADOS POR SISMOS EN ESCUELAS PÚBLICAS DE REP. DOM. |

Reparación y propuesta de mejora de elementos estructurales de hormigón armado antes y después de un sismo

Bibliografía

- (Octubre de 2012). *Guía para la definición de una estrategia antisísmica en el proyecto de edificios de nueva planta, ejemplos de aplicación*. Murcia, España.
- Acosta, C. (10 de diciembre de 2014). La DIGEPRES aprueba pagos por más de RD\$3,083.6MM. *Listin Diario*.
- Antillana, A. d. (Vol.2 Año 2009). Resultados del Concurso Mi Escuela Bonita y Funcional. *Archivos de arquitectura Antillana*, 39.
- Apolinar, B. (27 de Julio de 2009). Educación crea un modelo de escuela para cada región. *Listin Diario*.
- Apolinar, B. (10 de diciembre de 2014). Educación invertirá RD\$170 MM en reparación de planteles escolares. *Listin Diario*.
- Aponte, A. (31 de octubre de 2013). Educación convoca a sorteo para construir 401 nuevas escuelas. *Noticias SIN*.
- Batista, C. (21 de Marzo de 2012). Nuria denuncia inauguran 7 escuelas con graves vicios de construcción. *Acento.com.do*.
- Bruña, J. L. (Mayo 2005). MÉTODOS GEOFÍSICOS APLICADOS A LA GEODINÁMICA. Madrid España.
- CODIA. (1 de Agosto de 2014). CODIA. Obtenido de http://codia.org.do/dice-estudio-de-onesvie-se-realizo-a-viejas-escuelas/?utm_source=twitterfeed&utm_medium=twitter
- Cruzado, R. R. (2006). DAÑOS OBSERVADOS EN PUERTO PLATA, REPÚBLICA DOMINICANA CAUSADOS POR EL TERREMOTO DEL 22 DE SEPTIEMBRE DE 2003. Puerto Plata, República Dominicana.
- Díaz, E. (27 de Enero de 2012). Sismos, desastres y desinformación. *El Día*.
- Diario, A. (20 de Agosto de 2013). *A Diario*. Obtenido de <http://adiario1.blogspot.com.es/2013/08/escuela-salome-urena-opera-bajo-enormes.html>
- Díaz, W. (7 de Marzo de 2013). En Villa Progreso, Cotuí, niños reciben docencia en casucha. *Hoy digital*.
- Dpto. de Construcciones Arquitectónicas I de la E.T.S.A.B., U. B. (12 de 07 de 2009). Evolución de las tecnologías de prefabricación aplicadas a la arquitectura escolar. Barcelona, España.
- Duarte, A. (10 de diciembre de 2014). *Dominicanos Hoy.com*.
- Edificaciones, C. A. (s.f.). Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-08) y comentario. ESPAÑA.
- Josefina Pimentel, E. M. (14 de noviembre de 2012). (J. B. Díaz, Entrevistador)
- Leon, O. d. (14 de noviembre de 2014). La Trinchera de los Muertos, una zona de alta peligrosidad sísmica para el país. (D. Libre, Entrevistador)

- Live, R. d. (23/02/2012 de Febrero de 2012). Obtenido de <http://www.republica-dominicana-live.com/republica-dominicana/noticias/ano-2012/febrero-2012/ministerio-educacion-remodelara-39-planteles-escolares-el-pais.html>
- Luna, K. (18 de Enero de 2014). Citan fragilidad de edificios ante sismos. *Listin Diario*.
- Madera, I. L. (8 de octubre de 2013). Ing. Leonardo Reyes Madera estudio seguimiento a escuelas en construcción parte1 . (M. Pineda, Entrevistador)
- Madera, I. L. (9 de octubre de 2013). Ing. Leonardo Reyes Madera estudio seguimiento a escuelas en construcción parte2 . (M. Pineda, Entrevistador)
- Márquez, A. L. (2011). Comportamiento sísmico de estructuras porticadas de hormigón armado reacondicionadas sísmicamente con muros de fábrica de ladrillo.
- Matos, D. F. (10 de Diciembre de 2014). *cuartasemana.com*.
- Mesa, A. J. (2012). *Skyscrapercity*. Obtenido de <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1559542>
- Ministerio de Obras Públicas, R. D. (1979). Recomendaciones Provisionales para el analisis Sismico de Estructura. República Dominicana.
- Ministerio de Obras Públicas, R. D. (1982). Especificaciones Generales para la construccion de Edificaciones. Republica Dominicana.
- Molina, T. (27 de Enero de 2014). Ministerio de educacion ejecuto RD\$21,000 millones en 20 dias. *Diario Libre*, pág. 1.
- Moreno, A. p. (10 de Mayo de 2011). Poca clase y muchas precariedades. *Listin Diario*.
- nistido.com*. (s.f.). Obtenido de <http://www.nistido.com/2012/01/mapas-zonas-y-fallas-sismicas-republica-dominicana/>
- OnLine, D. (21 de junio de 2012). *Ministra se reúne con expertos para considerar el rediseño de los planteles educativos*. Obtenido de Dominicana OnLine: http://www.dominicanaonline.org/portal/espanol/cpo_noti4260.asp
- Otanez, H. (s.f.). *Otanez.blogspot*. Obtenido de <http://otanez.blogspot.com.es/>
- PNUD. (2009). *Manual para la reparacion y reforzamiento de viviendas de albanileria confinada danadas por el sismo*. Lima, Peru: GMC Digital S.A.c.
- Portal ciencia*. (s.f.). Obtenido de <http://www.portalciencia.net/geolotec.html>
- Pública, M. d. (2011). Reglamento para el analisis y Diseño Sismico de Estructuras. Santo Domingo : República Dominicana.
- Públicas, M. d. (2006). Reglamento para el diseño de plantas físicas escolares. *Niveles Básico y medio*. Santo Domingo, República Dominicana.
- Públicas, M. d. (2006). Requerimientos de aplicación del Reglamento General de Edificaciones y Tramitación de planos. Santo Domingo, República Dominicana.

Riesgo, C. d. (2003). Evaluacion post-Sismo magnitud 6.5Escala de Richer en Escala ocurrido en República Dominicana el 22 de Septiembre del 2003, Lecciones Aprendida. Santiago, República Dominicana.

Sc., I. H. (s.f.). ¿ES POSIBLE QUE OCURRA UN SISMO CATASTROFICO EN REPUBLICA DOMINICANA? Santo Domingo, República Dominicana.

SILFA, P. (1986). DISEÑO A FLEXOCOMPRESION DE MUROS DE HORMIGON ARMADO. *DIRECCIÓN GENERAL DE REGLAMENTO Y SISTEMA*. República Dominicana.

SIN, N. (23 de Abril de 2013). "Se nos van a caer las escuelas, es tan simple como eso". *Noticias SIN*, pág. digital.

SIN, N. (24 de Septiembre de 2013). Puerto Plata podría convertirse en la primera zona del país con alarma Tsunami. *Noticias SIN*.

SIN, N. (24 de Agosto de 2014). Cae pared de escuela básica en Haina. *Noticias SIN*.

SIN, N. (27 de febrero de 2014). Discurso integro del presidente Danilo Medina. *Noticias SIN*.

Sortnewaplay. (04 de julio de 2012). *Sortnewaplay*. Obtenido de http://sportnewsplay.blogspot.com.es/2012/07/noticias-sin-servicios-informativos_04.html

Tirando pegao. (23 de agosto de 2014). Obtenido de <http://www.tirandopegao.com/2014/08/se-cae-pared-de-una-escuela-se-inauguro.html>